حدادة وتشكيل المعادن



تأليف :
ترجمة :
مراجعة :

حدادة وتشكيل المعادن

نشر هذا الكتاب بالاشتراك

مع

مؤسسة فرنكلين للطباعة والنشر

القاهرة ـــ نيويورك

ديسمبر ١٩٦١

إهـــــــداء ٢٠٠٦

عبد السلام علي محمود الرخس

الإسكندرية

حدادة وتشكيل المعادن

تأليف

س . ا . روزينوف

ترجمة

الدكتور فاروق عثمان فهمي شهوان

ومراجعة

الأستاذ حسن حسين فهمي



الناشر



١٨ شارع سوق التوفيقية بالقاهرة

شكر

يقدم المؤلف خالص شكره إلى الأفراد والمؤسسات وصانعى أدوات الحدادة ، وصانعى مكنات الإنتاج والمؤسسات الصناعية الأخرى ، الآتى ذكرهم لتعاونهم العظيم على تقديم الأشكال التوضيحية والمعلومات المفيدة الواردة فى هذا الكتاب .

واعترافا بالجميل وبالمساعدة السخية يتقدم المؤلف بشكره الخاص إلى كل من :

ريموند م . سيبورى ، لى أ . دونولى ، ريتشارد د . جرانت ، جمعية الحدادة المتساقطة بكليفلاند بولاية أوهايو ، صموئيل س . كلارك ، ليستر هـ . أيبرسول ، شركة شيمبرزبرج الهندسية بشيمبرزبرج بولاية بنسيلفانيا ، شركة إيرى للسباكة بايرى بولاية بنسيلفانيا ، شركة أ . فينكل وأولاده بشيكاغو بولاية إلينوى ، شركة تحسين الصلب ورش الحدادة بكليفلاند بولاية أوهايو ، شركة أجاكس بتيفين بولاية أوهايو ، س . س . برادلى وولده بسيراكوز ، بولاية نيويورك .

والمؤلف مدين للأفراد الآتى ذكرهم ، للمعلومات الثمينة والأشكال التوضيحية المستقاة من كتبهم والتى استعملت فى هذا المجلد .

كارل ج . جونش مؤلف كتاب « Metallurgy » علم الفلزات .

شارل برادفورد كول مؤلف كتاب « Tool Design » تصميم العدد والآلات

توم س . بلامريدج وروى و . بويد الصغير ، وجيمس ماكينى الصغير ، مؤلفو كتاب « Machine Tool Guide » . وقد قامت بنشر جميع هذه الكتب ، الجمعية الأمريكية الفنية .

ويعبر المؤلف عن امتنانه إلى ج . رالف د . ألزيل ، مدير تحرير الجمعية الأمريكية الفنية ، لتشجيعه واقتراحاته الثمينة الخاصة بمحتويات الكتاب ، إلى روبرت ج . سوليفان لتحريره الفنى البارع ، إلى آرثر أ . بارك لتنظيمه الأشكال التوضيحية ، إلى أعضاء قسم الأشكال التوضيحية لمهارتهم الفنية .

س . ا . روزينوف

محتويات الكتاب

الباب الأول

الباب الثانى

الباب الثالث

الباب الرابع

الباب الخامس

الباب السادس

الباب السابع

الباب الثامن

الباب الثانى عشر

الباب الثالث عشر

الباب الرابع عشر

الباب الخامس عشر

الباب السادس عشر

الباب الأول

المقدمة

تطور فن من الفنون الميكانيكية القديمة

خاصية قابلية التشكيل فى المعادن هى الخاصية التى تسمح بتغيير دائم فى شكل المعدن دون أن ينكسر . ولهذه الخاصية أهمية كبرى وتزداد فى المعادن خاصية اللدونة إلى درجة كبيرة عند رفع درجة حرارتها ، ويمكن عندئذ إجراء عمليات التشكيل اللازمة لصنع المنتجات المختلفة . وتشغل عملية الحدادة التى تعتمد على هذه الخاصية مكانا رئيسيا بين عمليات التشكيل .

ظهر فن الحدادة منذ قرون عدة وذلك مع الاستكشافات الأولى للمعادن . وليس فى المصادر التاريخية إلا معلومات قليلة عن الأساليب التى كانت تستخدم قديما فى صناعة العدد والأسلحة من المعادن . ولكن من المؤكد أن الحديد كان المعدن الرئيسى منذ الأيام الأولى للحضارات القديمة كما هو الحال اليوم . ورغما من أن معادن أخرى كالنحاس والذهب والفضة قد عرفت واستعملت من قبل فانها لم تستخدم على نطاق واسع مثل الحديد . ولعل ذلك يرجع إلى وفرة المصادر الطبيعية لهذا المعدن .

وربما كان أول استعمال لفن الحدادة هو تشكيل قطعة من المعدن بطرقها بين قطعتين من الحجر ، وذلك لصناعة العدد والأسلحة البدائية التى كان يحتاج إليها الانسان . ويشير الكتاب المقدس إلى أن سكان غرب آسيا كانوا أول من استخدم الحديد وغيره من المعادن ، ومن هذا يمكن أن نستنتج أنهم استحدثوا فن الحدادة فى صناعة أشياء نافعة من المعادن التى كانت معروفة عندهم . ولعل اليونانيين القدماء

هم الذين خلفوهم فى استخدام هذا الفن لتشكيل العدد والأسلحة المختلفة . وتشير المصادر القديمة إلى أن الحديد — وكذلك الصلب — كان معروفا فى الهند والصين فى العصور التاريخية الأولى . وقد عرف صناع الهند فن حدادة المعادن بعد تسخينها فى كور بدائى ، كما تمكنوا من صناعة بعض الأسلحة مثل السيوف والسكاكين وذلك بطرق المعدن بمهارة بعد تسخينه إلى درجة حرارة تكسبه قابلية للتشكيل . كذلك عرف الصناع القدماء فن معاملة المعادن بالحرارة وذلك بتسخينها ثم تغطيسها (سقيها) فى سائل لتصليدها ، وما زالت سيوف «دمشق» و « توليدو» و« بلبوا » الشهيرة أمثلة تشهد لهؤلاء الصناع القدماء بالمهارة الفنية .

وكان أهم استخدام لفن الحدادة فى الأيام الأولى للحضارة ، هو صناعة معدات القتال كالسيوف والسكاكين والأدرع الواقية والخوذات . وكان الصناع القدماء يستعملون عددا بدائية لتشكيل هذه الأشياء من المعادن الرئيسية مثل الحديد والصلب . وظهر بعد القرن الثانى عشر اتجاه واضح لتحسين العدد التى يستعملها الصناع لتشكيل أشياء تزيد فى جودتها ودقتها ، فاستعمل الصناع بدلا من الكور البدائى القديم الذى كان يستعمل لاعداد التشغيلات لعملية الطرق كورا آخر يستخدم الهواء المضغوط للتسخين إلى درجات عالية ، ولتوزيع الحرارة بكفاية وجودة فى أقصر وقت ممكن .

ولزيادة الطلب على المطروقات الكبيرة والمطروقات المعقدة شكلا ، استمر التطور فى صناعة مطارق الحدادة ، وكانت فى أول الأمر « المرزبة » اليدوية هى الأداة الرئيسية المستعملة خلال السنين الطويلة ولا تزال تستعمل للآن فى تشكيل بعض المطروقات الصغيرة . وظهرت بعد ذلك المطارق الميكانيكية وهى معدات لها قوة كبيرة تمكنها من أداء المطلوب منها على الوجه الأكمل ، وذلك لتشكيل المطروقات المعقدة ذات الحجم الكبير . وفى البداية كان من الطبيعى أن تكون هذه المطارق الميكانيكية بدائية ، ولكن استمرار التطوير والتحسين المستمر فى صناعتها استولد المطارق الميكانيكية الحديثة المستعملة هذه الأيام فى صنع وإنتاج المطروقات . غير أن

التطور فى هذه المطارق كان بطيئا للغاية فى أول الأمر، ولكنه فى بداية القرن التاسع عشر تقدم تصميمها وصناعتها . وأسلوب التشكيل بالطرق ليس الوسيلة الوحيدة لتشكيل المعادن بالحدادة إذا تطورت الحدادة كثيرا واستنبطت وسائل عديدة أخرى لتشكيل المعادن على البارد أو على الساخن . ونتيجة لهذا التحسين والتطوير أمكن بوساطة الحدادة إنتاج أدوات ومنتجات لها منافع واستعمالات كثيرة .

الحدادة عملية أساسية فى الإنتاج

عملية الحدادة من العمليات الشائعة الاستعمال فى الانتاج ، وهى عملية أساسية . وتتكون عمليات الحدادة أساسا من تشكيل قطعة من المعدن ، تكون فى غالب الأحوال ساخنة إلى شكل وهيئة معينة ، وبوسيلة من وسائل الحدادة المعروفة . وتعتمد هذه الوسيلة على نوع وحجم وشكل القطعة المطلوب تشكيلها ، كذلك على ما يلزم القطعة المشكلة من اشتراطات عند استعمالها بعد إنتاجها . وهذه العمليات هى : الطرق ـ الابعاج ـ الضغط ـ البثق . ويمكن بطبيعة الحال استخدام عدد أكثر من هذه العمليات . ويراعى أمران هامان عند اختبار طريقة التشكيل الأساسية :

أولا : إنتاج المطروق بشكل معين .

ثانيا : تحسين خواص المعدن الفيزيائية بالحدادة . ولأساليب الحدادة مزايا أخرى هامة .

١ — عند تصميم الجزء المطلوب إنتاجه يكون للمهندس مجال أوسع عند اختيار المواد التى تناسب ما تتطلبه استعمالات ومنافع الجزء ، وذلك لوجود عدد كبير من هذه المواد يمكن اختيار المناسب منها .

٢ — ما للأجزاء المشكلة بالحدادة من قدرة على تحمل القوى المؤثرة الخارجية ، إذ أنه من الممكن استعمال أجزاء سمكها قليل — وهذا يقلل من وزنها إلى درجة كبيرة .

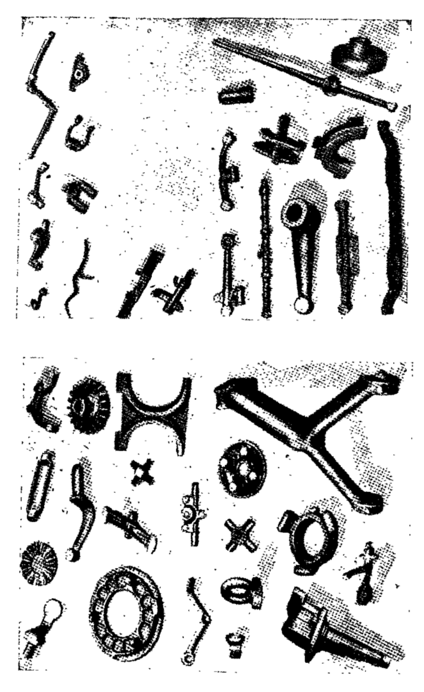
٣ — تشكيل جزء ما بالحدادة إلى شكل معين ، يكسب هذا الجزء مجموعة من الخواص الفيزيائية بمقادير مناسبة ، وذلك يحقق فى المادة أقصى مقاومة للاجهادات ويمتنها إلى حد كبير ، ولهذا ماله من الأهمية عند الاستعمال .

٤ — مراعاة الدقة والتفكير السليم عند تصميم الآلات تمكن من إنتاج منتجات دقيقة بأقل تفاوت ، وخصوصا فى عملية التشطيب ، وذلك يؤدى إلى تخفيض تكاليف عمليات التشغيل النهائية .

ما زال تشكيل المعادن تشكيلا عجينيا يعتمد على تأثير القوى المؤثرة الخارجية ، إلا أن هذه العمليات والأساليب تحتاج فى أدائها إلى معدات وآلات مصممة تصميما علميا صحيحا . والمطرقة الميكانيكية المتساقطة من هذه الآلات ، ويمكن الطرق بها بضغط يصل إلى ١٠,٠٠٠ طن . وكذلك المكابس التى تعمل ميكانيكيا أو أيدروليا إذ يمكن أن يصل الضغط بها إلى ما يوازى ٢٠,٠٠٠ طن . ويمكن بهذه الآلات إنتاج منتجات مختلفة بكل الأحجام التى يمكن تصورها . وفى شكل (١) مجموعة من المضغوطات التى شكلت بوساطة ختمها بقوالب الحدادة ، ويتراوح وزنها بين أوقية واحدة وعدة مئات من الأرطال .

قبل تطوير أساليب الانتاج الكبير الحديث ، كانت المعادن تسخن فى أكوار مناسبة ثم تطرق إلى الشكل المطلوب على السندال بوساطة الحدادة حيث كانت تستعمل عدة آلات يدوية لتشكيل القطع المطلوبة . وما زالت هذه الطريقة القديمة مستعملة حتى الآن ، وذلك عندما يكون العدد المطلوب من القطع صغيرا . كما هو الحال فى أعمال الصيانة بالورش وفى ورش إصلاح السكك الحديدية ... الخ . ولا تتكلف المعدات التى تلزم لهذا العمل كثيرا . ومع ذلك بدأ يقل استعمال عمليات الحدادة اليدوية فى معظم الورش على مر الزمن ، وأخذت المطارق الآلية تستعمل بدلا عنها ، كما حلت الأفران الحديثة محل أكوار تسخين المعادن .

ليست فائدة المطارق الآلية بأنواعها مقصورة على تشكيل المشغولات إلى أشكال



شـكل (١) مجموعة من المطروقات صنعت في قوالب تشـكيل مقفلة

معينة وإنما يمكن تكييف استعمالها لتشكيل قضبان من الصلب إذا أريد إنقاص مساحة مقطعها بتغيير أو دون تغيير فى شكل المقطع العام . والعمل بهذه المطارق يشابه الحدادة اليدوية من جميع الوجوه ، إلا من حيث إن المطارق تدار آليا باستخدام السيور أو الهواء أو الموائع أو البخار . وفى جميع الحالات تكون القوالب المستعملة مسطحة .

استخدام الحدادة فى الإنتاج الحديث

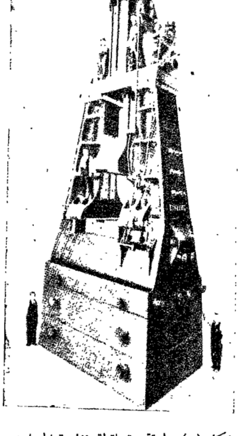
المعادن عموما والصلب على وجه الخصوص من أهم المواد الهندسية اليوم ، إذ أن عليها أن تحتمل قوى كبيرة وأن تقاوم الصدمات ليتحقق النفع منها فى الاستعمالات الكثيرة فى الانتاج الحديث حيث للسرعة العالية للطاقة وللانتاج الكبير أهمية قصوى،ويهتم كل من منتجى ومستهلكى المنتجات الصناعية بتحسين وتطوير خواص المواد التى تستعمل فى صنع هذه المنتجات وتشكيلها إلى الشكل المطلوب . ولا يقصد من عمليات الحدادة تشكيل المنتج النهائى فحسب ، بل إنها تساعد على تحسين خواص مقاومة القوى الخارجية ، كما تزيد من متانة المادة نفسها فى أثناء دورة الانتاج .

ولقد حدثت تطورات تكنولوجية واسعة النطاق فى أساليب الحدادة المستعملة فى الانتاج الحديث ، وهكذا أصبحت أساليب الحدادة هذه ، عمليات أساسية تشمل عدة طرق تختلف تبعا للتطبيقات الصناعية . ويعتمد اختيار الطريقة المناسبة على نوع الانتاج المطلوب ، وكذلك على تقدير المصمم ومهندس الانتاج وخبرتهما .

وتشمل أساليب الحدادة المستعملة الآن فى الصناعة الحديثة ، أربع وسائل رئيسية ، تتضمن كل منها طرقا مختلفة لتشكيل المعدن إلى الشكل المطلوب ، ويكون هذا التشكيل غالبا على الساخن . وتنحصر هذه الطرق فيما يلى : الحدادة اليدوية والحدادة بالمطرقة المتساقطة ، والتشكيل بالضغط باستخدام مكابس ومكنات

الحدادة المختلفة . وطبقا لتقدير (جمعية صناعة التشكيل بالطرق المتساقط) التى تمثل معظم شركات الحدادة بالمطرقة المتساقطة البخارية ، وجد أن ٨٠٪ على الأقل من الوزن الكلى للمنتجات المشكلة بالحدادة والتى تنتجها المصانع تشكل بطريقة الطرق المتساقط .

ويبين شكل (٢) مطرقة متساقطة بخارية مصممة لتشكيل أجزاء الطائرات ، وتزن هذه الآلة أكثر من ٥٠٠ طن ، ووزن المطرقة نفسها يصل إلى ٥٠,٠٠٠ رطل . وتستعمل معها قوالب التشكيل المقفلة المشروحة فى الصفحات التالية فى تشكيل المنتجات التى تحتاج إلى دقة فى أبعادها ، وتستعمل مطارق مشابهة فى تشكيل أجزاء الآلات الأوتوماتية فى تشغيل منتجات تلزم فى الصناعات الانتاجية المختلفة .



شكل (٢) مطرقة متساقطة بخارية الحدادة أجزاء الطائرات

يتحسن عند أداء الحدادة بأى طريقة من الطرق السابق ذكرها المعدن المشكل بدرجة معينة . ويلاحظ أن اختبار أحسن طريقة للانتاج يخضع لعدة عوامل مختلفة . ويلزم لها استشارة مهندس له خبرة فى أساليب الحدادة وطرقها المختلفة . وتعتبر عملية الاستشارة هذه خطة رئيسية تؤدى إلى معرفة الطريقة المثلى فى الأداء . وتشتمل طريقة الحدادة اليدوية ، تشكيل المعدن الساخن

باستخدام قوالب مفتوحة مسطحة الأزوجة ، كما هو مشروح فى الصفحات التالية من هذا الكتاب . وتستعمل القوالب المقفلة فى الحدادة ، عند استخدام المطارق المتساقطة أو المكابس أو مكنات الحدادة ، لتشكيل المعادن إلى الأشكال النهائية المطلوبة . واستخدام القوالب المقفلة يحقق فائدة أساسية فى تشكيل المعادن على الساخن ، وخصوصا عند تشكيل الصلب ، إذ أن تشكيل الصلب على الساخن فى هذه القوالب يستغل البنية المتليفة التى تتخلق فى الصلب إلى أقصى الحدود ، ويركز كثافة الحبيبات والألياف فى المواضع التى تتعرض لأكبر الصدمات والاجهادات . ويمكن تشكيل كثير من المعادن بأساليب الحدادة . والصلب (٠,١ ٪ — ٠,٥ ٪ كربون) . والحديد المطاوع أكثر المعادن شيوعا فى عمليات التشكيل بطريقة المطرقة المتساقطة . ولكن قلما يستعمل الحديد المطاوع بسبب ضعف مقاومته . كما يشيع تشكيل السبائك التى أساسها النحاس وسبائك الأليومنيوم وكذلك سبائك المغنسيوم بهذه الطريقة ، أما الصلب الذى يحتوى على نسبة كربون أعلى من هذه النسبة المذكورة ، فيستخدم لتشكيل منتجات لها خواص فيزيائية معينة . والجداول التى فى ملحق هذا الكتاب ، ترشد المصمم إلى ما يمكن أن يكون فى هذه المعادن من خواص . ويتضمن الجدول معلومات عن أنواع من الصلب يمكن استعمالها لمواجهة حالات الطوارىء والاحتياجات الوطنية ، عندما يصعب الحصول على بعض سبائك الصلب الخاص .

أسئلة للمراجعة

١ — اشرح معنى خاصية اللدونة (المعجونية) ومطاوعة التشكيل فى معدن ما وأهمية هذه الخاصة .

٢ — ماذا كان الغرض الأساسى لتشكيل المعادن بأساليب الحدادة فى الأيام الأولى للحضارة ؟

٣ — اذكر أسماء بعض الأدوات التى كانت تستخدم فى الحدادة فى العصور الأولى .

٤ — اذكر سببين من أجلهما اختيرت طريقة الحدادة طريقة أساسية من طرق الانتاج .

٥ — ما مقدار أقصى طرقة يمكن أن تنتجها المطرقة المتساقطة الحديثة ؟

٦ — ما مقدار أقصى ضغط يمكن أن تصل إليه المكابس الحديثة المستخدمة فى الحدادة ؟

٧ — اذكر أربع طرق رئيسية تستعمل فى الانتاج بالحدادة .

٨ — اشرح باختصار كل طريقة ذكرتها فى إجابتك على سؤال رقم (٧) .

٩ — اشرح باختصار أهمية مهندس الحدادة عند اختيار أسلوب مناسب للانتاج .

١٠ — ما هى مؤهلات مهندس الحدادة ؟

١١ — اذكر خمس مراحل فى الانتاج يكون فيها إرشاد مهندس الحدادة ذا أهمية كبرى للصانع .

الباب الثانى

خواص الفلزات (المعادن)

منافع الفلزات عند استعمالها

تقاس القيمة الحقيقية لمعدن ما بمقدار المنفعة المستخلصة منه عند استخدامه فى عمل معين ؛ إذ يجب توافر عدة اشتراطات عند استعمال المعادن فى المكنات الحديثة وفى غيرها من الآليات ، وكذلك فى بعض الأجهزة والمعدّات الأخرى . ويجب على المهندس الذى يصمم المنتجات المختلفة أن يستعين بكل معرفته بالمعادن وخبرته فى طرق الانتاج ليجعل من هذه المنتجات ما يعتمد عليه ، بحيث لايتسبب من استعمالها أى خطورة وأن تبقى صالحة مددا طويلة . يجب على المصمم عند اختبار المعدن المناسب أن يتأكد أولا من قابلية هذا المعدن لمواجهة الاجهادات التى قد يتعرض لها عند التشغيل . وقد يسر التطور التكولوجى الحديث للمعادن ، كما يسرت المعلومات التى يمكن الحصول عليها مهمة المهندس عند اختبار المعدن المناسب لأى غرض من أغراض الصناعة .

ولا تحتوى البيانات التى يمكن الحصـــول عليها على كل خواص المعدن ، وإنما تحتوى على بعضها . وتقتصر الطريقة الشائعة على تقدير أهم خواص المعدن الفيزيائية كأقصى إجهاد الشد . ومن المفروض أن توافر هذه الخاصية يدل على توافر خواص فيزيائية صالحة أخرى بنفس النسبة . وهذه الخواص يجب توافرها فى المعدن حتى ينتفع به إلى أقصى حدود الانتفاع فى أثناء التشغيل . وتوجد فى الجداول والرسوم البيانية معلومات هامة عن خواص المعادن ، وتفيد هذه المعلومات خبير المعادن أكثر من فائدتها المهندس التصميم والانتاج الذى لا يعرف معرفة تامة فى كثير من الأحيان الاصطلاحات الفنية التى تقدم بها هذه المعلومات .

يجب أن يكون للمعدن الذى يختاره مهندس الانتاج كفاية حقيقية تمكنه من أداء المطلوب منه ، بحيث يحقق أقصى فائدة فى حالات التشغيل المطلوبة . فيجب لذلك أن يحتوى المعدن على مجموعة المناسبةمن الصفات الفيزيائية . ومن هنا يتضح أن كلا من خبير المعادن والمهندس لن يقع اختياره النهائى على المعدن على أساس خاصية فيزيائية واحدة تكون أكثر وضوحا من غيرها ، كأقصى إجهاد للشد مثلا ، بل إن على كل منهما أن يبحث الموضوع من ناحية خاصة تختلف فى كل حالة .

ونأخذ على سبيل المثال حالة منتج تؤثر فيه عند استعماله إجهادات عادية ، وهذه الاجهادات إما أن تكون غير متغيرة استاتية ، أو متغيرة دينمية ، أو الاثنين معا . ويجب عند اختيار المواد المناسبة لصناعة مثل هذا المنتج معرفة طبيعية الاجهادات التى ستعمل فيه ، وكذلك طريقة توزيعها داخله بتحليل هذه الاجهادات بدقة وعناية . وكثيرا ما يؤدى معدن من المعادن الغرض المطلوب منه فى أحد الاستعمالات ، ولكنه فى الوقت نفسه لا يتناسب مع استعمال آخر . فثمة فى حالة عمود مرفق (كرنك) مشكل بالحدادة أو بالسباكة مثلا ، نوع من أنواع الصلب يناسب نوعا من المحركات ولكنه لا يناسب المطالب الخاصة التى يجب توافرها فى محرك من نوع آخر . لهذا كان الأساس فى اختيار معدن مناسب هو تحليل جميع الاجهادات التى سوف يتعرض لها . فمثلا فى الحالات التى يكون لاستمرار العمل فيها أهمية كبيرة ، كما فى حالة الأجزاء المتحركة فى القاطرات والطائرات ، يجب أن يلى هذا التحليل تعيين هذه الاجهادات بالتجربة العملية فى عينة تصنع خاصة لاجراء الاختبار العملى ، عليها وذلك قبل البدء فى الانتاج على نطاق واسع .

وتبرز فى كثير من المواد الهندسية خاصية فيزيائية واضحة تمام الوضوح وخصوصا فى المعادن الشائعة الاستعمال مثل مقاومة الشد العالية ، ولكن قد تكون هذه الخاصية قليلة الأهمية إلا إذا كانت بنسب متوازنة مع مجموعة

الخواص الفيزيائية الأخرى . فثلا فى حالة جزء مصنوع من صلب عالى الكربون ، مصلد مقوى ، له مقاومة شد عالية جدا يلاحظ أنه لا يطاوع الاجهاد ولا يتغير شكله دون أن ينكسر . ولهذا فان الجزء المصنوع من هذا الصلب لا تكون له فائدة ما إذا كان ضمن أعضاء أو أجزاء أساسية فى آلة أو فى مكنة أو محرك لأن مقاومته للشد لا تتعادل مع خواصه الأخرى التى من شأنها تحمل الاجهادات العملية المركبة التى قد يتعرض لها فى أثناء الاستعمال . ويعتبر الصلب المصلد « المقوى » عالى الكربون ، الذى تزيد مقاومته للشد عن ٣٠٠٫٠٠٠ رطل على البوصة مثالا لمادة محدودة الخواص ، لا قدرة لها على مطاوعة الاجهادات التى تتغير فى شكلها أثناء الاستعمال . وهناك خطورة كبيرة عند استخدام مثل هذه المادة فى آلة من الآلات المتحركة التى تتعرض لاجهادات الاستعمال المختلفة ، والتى يعرفها بلاشك المهندس الخبير .

هذه الاجهادات هى إجهادات الحنى واللىّ والتصادم وشكل (١) يبين هذه الحالة .



شكل (١) صورة تبين صلب عالى الكربون مصلد (مقوى) لا يطاوع التغير فى الشكل أثناء الاستعمال .



شكل (٢) خطاف شغل بالحدادة له قدرة على امتصاص الاجهادات

ولبعض المواد : مثل أنواع خاصة من الزجاج ، درجة صلادة عالية جدا ؛ وهى الخاصية الرئيسية التى تجعل لهذه المواد أهمية كبرى فى كثير من التطبيقات الصناعية العملية . ولبعض أنواع من الزجاج وغيره من المواد الأخرى المشابهة له خاصية المرونة وهذه تعتبر خاصية أساسية . وتعرف المرونة بأنها قدرة المادة على استرجاع شكلها السابق تماما بعد تغيره عند الاستعمال . ومع أن للصلب مرونة كبيرة بالنسبة لباقى المعادن ، إلا أنها أقل من درجة المرونة الموجودة فى أنواع خاصة من الزجاج ، وكذلك فى بعض المواد الأخرى . ويحتفظ الزجاج بمرونته وبمتانته إلى حد يسمى (حد المرونة) ، عندما يصل إلى هذا الحد يفقد هاتين الخاصتين وينكسر، وفى بعض الحالات لا ينكسر الصلب إذا تعرض لاجهادات أعلى من حد المرونة ، وذلك عندما لا تصل هذه الاجهادات فى ارتفاع قيمتها إلى حد عال جدا . وللصلب قدرة عظيمة على امتصاص كمية كبيرة من الطاقة وذلك لطبيعة تكوين بنيته التى لها مقدرة على تغير الشكل بالانسياب اللين قبل أن ينكسر .

للمعادن خواص فيزيائية أخرى تدل على قدرتها على الأداء المجدى عند الاستعمال ؛ منها خاصية المتانة والانسيابية ، ولهذه الخاصية أهمية كبيرة عند التشكيل لمصاحبتها لمقاومة التآكل . . إلخ . وطريقة توزيع الاجهادات العديدة التى يتعرض لها الجزء المنتَج هى التى تتحكم فى اختيار أصلح المواد لتأدية الغرض المطلوب . ويمكن لمهندس الانتاج أن يبدأ فى حساب أبعاد الجزء المنتَج ، إذا اطمأن لطريقة الانتاج التى وقع عليها اختياره . كما يمكن تغيير الأبعاد المحسوبة إذا أظهر أن الطريقة التى وقع عليها الاختيار غير ممكنة لسبب أو لآخر . فمثلا عند تغيير أسلوب الانتاج من السباكة إلى الحدادة أو بالعكس ، فان أبعاد القطع المنتجة تتغير تغيرا كبيرا باختلاف أساليب الصنع والانتاج . وعلاوة على ذلك ، فان الطريقة المستعملة فى صنع أو إنتاج القطعة المطلوبة ، كثيرا ما تتغير تغييرا شاملا حسب تكون مجموعة الخواص الفيزيائية التى فى الجزء ، رغم أن نفس المادة قد تستعمل فى الحالتين .

والمتانة خاصية فيزيائية ذات أهمية كبرى فى المواد الهندسية . وتعرف هذه الخاصية بأنها قدرة المادة على امتصاص كل الطاقة التى يستولدها الاستعمال . وتشمل المتانة درجة التغير المرن ، والتغير المعجن أو اللدن فى المادة موضع الفحص. وتوجد علاقة محددة بين مقاومة المادة للصدمات أو متانتها ، وبين قدرتها على مقاومة الأحمال والصدمات المفاجئة . وهذه القدرة هى خاصية مقاومة الصدمات والاجهادات المفاجئة ، وشكل (٢) يبين خطاف رافعة صنع بحيث تتوافر فيه خاصية مقاومة الصدمات ، ليؤدى عمله على الوجه الأكمل . والمنتجات التى من نفس نوع خطاف الرافعة هذا تتعرض دائما لأحمال كبيرة ، ويلزم عند استعمالها أن تمتص كثيرا من الطاقة المولدة قبل حدوث أى تغير معجن أو لدن فى المادة . ويلاحظ أن خاصية واحدة فيزيائية رئيسية فى المعدن ، لاتكفى لمقاومة الأحمال الخارجية التى قد تتعرض لها عند الاستعمال . ولكن توافر عدد من الخواص الفيزيائية المشتركة ، يلزم لمنع الانهيار والكسر . واختيار أسلوب التشكيل وعمليته المناسبة هام جدا (الحدادة فى حالة صنع الخطاف السابق الذكر) . حيث إن أسلوب التشكيل وعملياته كثيرا ما تحسن مجموعة الخواص الفيزيائية التى فى الجزء . وذلك بتشغيل المعدن إلى الشكل المطلوب ليصبح بالمتانة والقوة اللازمتين للاستعمال .

تحديد نوع شبوه الصلب وصفاته وكفايته

المطروقات هي الأشكال الصناعية الأولى لجميع المعادن التى فى حالة الصلابة . هذا طبعاً فيما عدا المعادن التى فى حالة تميع أو سيولة ، التى تشغل مباشرة من مساحيقها . ويسخن المعدن أولا فى فرن مناسب حتى يسيل أى ينصهر ، ثم يصب فى قوالب رملية أو معدنية مناسبة ليتجمد . وبذلك يتم سبكه ، وتخرج المسبوكات أو الكتل من القوالب ، ثم تحول إلى أشكال نصف منتهية ، وذلك باستخدام وسائل تشغيل ميكانيكية على الساخن أو على البارد . ويبين شكل (٣) طريقة سبك الصلب فى قوالب ، حيث يرفع وعاء كبير به صلب منصهر بوساطة رافعة (ونش) معلقة فوق



شكل (٣) طريقة صب الصلب فى قوالب

صف من قوالب مصنوعة من الزهر لتشكيل شبقات الصلب ، وينصب المعدن المنصهر فى القوالب من فتحة فى أسفل هذا الوعاء .

وكتل الصلب فى الواقع أساس كل أنواعه المختلفة . والصلب المنصهر سائل متجانس إلى حد كبير ، ويحتوى على الحديد متحداً بالكربون والمنجنيز والكبريت والسليكون والفسفور . وقد تحتوى أنواع خاصة من الصلب على نسب مئوية مختلفة من الكروم والفاناديوم والنيكل والمولبدنيوم والأليومنيوم ، وغير ذلك من عناصر تستولد فيه بعض الخواص الفيزيائية النافعة ، مثل الصلادة والمتانة والمطولية ومقاومة الحرارة ومقاومة الصدأ ومقاومة التآكل التفاعلى بفعل الحوامض وغير ذلك من الخواص الكثيرة ؛ إذ أنه كثيراً مايستلزم استعمال بعض أنواع الصلب أن يحتوى على خاصية أو أكثر من هذه الخواص ، لتؤدى غرضاً أو أغراضاً معينة عند استعمالها .

والخواص الفيزيائية للشبقات المصبوبة ، لها أثر هام فى عمليات التشغيل الميكانيكية الأولية التى تمر بها . كما أن لها أكبر الأثر على خواص الصلب الفيزيائية وجودته النهائيه . وعمليات التشغيل الميكانيكية مثل الحدادة والدرفلة ، تزيل بعض العيوب التى بهذه الشبقات ، والتى ربما تستقر فى المنتج النهائى . فاذا كانت الشبقات سليمة خالية من العيوب ؛ فان ذلك يهيىء السبيل إلى إنتاج جيد خال من العيوب ، وإذا لم تكن الشبقات سليمة خالية من العيوب ، يصبح الصلب فى هذه الحالة قليل الجودة لا يمكن الاعتماد عليه فى بعض المشغولات . وتعرّف الشبقات السليمة بخلوها من الفجوات والمسامات الاسفنجية وتجانس كل منها فى طولها الكامل . ويتراوح حجم الشبقات عادة فيمابين (١٠٠ رطل و٢٠ طناً) ، كما يزن حجمها العادى المستعمل فى صناعة الصلب حوالى (٣ أطنان) ، ويكون مقطع القطعة عادة مربعاً أومستطيلا بأركان مستديرة ، ولكتل وشبقات الأنواع الجيدة من الصلب الكربونى وكذلك السبائك الصلب أسطح مموجة . ويتغير حجم كتلة الصلب أو بمعنى آخر تتغير مساحة مقطعها وطولها حسب العوامل الآتية :

١ — نوع المنتج المطلوب .

٢ — نوع وقدرة آلة الدرفلة المستعملة فى درفلة الصلب على الساخن .
٣ — طبيعة الصلب ومرتبته .
٤ — تكاليف درفلته أو تشغيل كتل الصلب على الساخن .

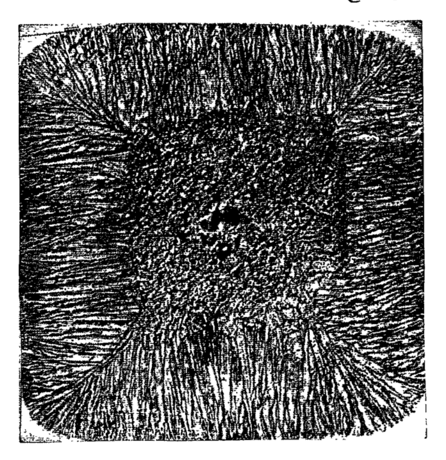
العيوب الشائعة فى شبقات الصلب

العيوب التى يحتمل وجودها فى شبقات الصلب هي : الدندرية أو (البنية الشجرية) والأنبوبية الاسفنجية أو (البخبخة) الانفصالية. وتحدث (الدندرية) أو البنية الشجرية نتيجة للتبلور غير الطبيعى للمعدن المنصهر . والذى يحدث نتيجة للتبريد المفاجىء عند ملامسة المعدن المنصهر لسطح القالب المصنوع من الزهر . إذ تبدأ البللورات فى التكوين على سطح شبقات الصلب ، ثم تنمو فى الحجم فى اتجاه وسط الكتلة . وبهذا يظهر تكوين حبيبى على شكل شجرى ، هو البنية الشجرية أو (الدندرية) . وهذا التكوين يقلل من مقاومة الصلب، وذلك لوجود مستويات ضعيفة داخل البنية . وفى معظم الأحيان يكون تبريد المعدن مركزاً على سطح الشبق ولا يمتد إلى الداخل . ونتيجة ذلك هي أن يكون المقطع فى وسط الشبق له اتجاه بللورى واضح وبنية تقاوم الصدمات . ويبين شكل (٤) مقطع شبق من الصلب مضبوط، له بنية شجرية بالقرب من السطح الخارجى ، وتشكيل بللورى طبيعى فى الداخل . وتلاحظ مستويات التشققات عند الأركان وكذلك عند الأنبوبة فى الوسط .

وتتكون الأنبوبة بتجمد المعدن المنصهر من الخارج نتيجة التبريد المفاجىء عند ملامسته سطح القالب البارد المصنوع من الزهر . وبما أن المعدن فى حالته الصلبة يشغل فراغاً أقل من المعدن المنصهر ، فلا بد من حدوث فراغ داخلى هو مانسميه (الأنبوبية) فى شبقات الصلب وهو نتيجة حتمية للانكماش. وتوجد الأنبوبة عادة فى منتصف الجزء العلوى من الصلب ، لأنه آخر جزء يتجمد . ويبين شكل (٥) شبقات من الصلب معدة لاجراء التجارب عليها. وعادة يفصل طرف الشبق أو يقطع

للتخلص من الأجزاء الأنبوبية . وتتكون هذه الأنبوبة فى أعلى الكتلة حيث يمكن التخلص منها بقطعها ، وذلك عن طريق تغيير تصميم القالب بحيث يمكن التحكم فى التبريد .

وتنتج الاسفنجية أو (البخبخة) عن تحرر الغازات فى أثناء تجمد الشبق . وتنطلق عند انصهار المعدن بعض الغازات من المعدن ، وينحبس البعض الآخر نتيجة لتجمد المعدن عليها . وقد تحدث الاسفنجية (البخبخة) القريبة من سطح المعدن عيوباً خطيرة فى شبقات الصلب ، بينما التى تحدث بالقرب أو عند الوسط ضررها أقل . وعند درفلة شبقات الصلب على الساخن ، تستطيل الفجوات الاسفنجية (البخبخة) القريبة من السطح الخارجى ، وتظهر عروق فى الصلب المشكل .

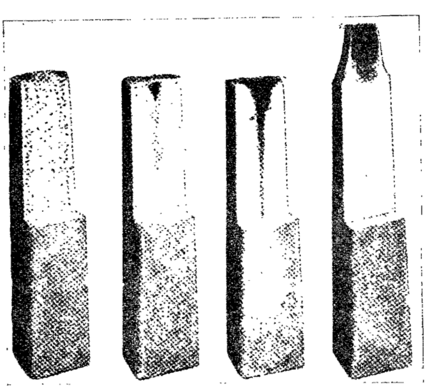


شكل (٤) التكوين البللورى الداخلى في شبق من شبقات الصلب المسبوك

وتحدث الانفصالية ، نتيجة لعدم توزيع العناصر الداخلية فى تكوين السبيكة توزيعاً منتظماً. وتعلل هذه الظاهرة بأن أجزاء المعدن المنصهر التى تتجمد فى بادىء الأمر تكون أنقى من التى تتجمد أخيراً . ويختلف مقدار الانفصالية فى المعدن تبعاً للطريقة المتبعة فى إنتاج الصلب . ويتجمد المعدن المنصهر الذى يلامس سطح القالب البارد بسرعة وبهذا يكون أنقى نسبياً من المعدن الذى يكون جزء الشبق الداخلى والذى يبرد بسرعة أقل من الشبق . ولا يزيل فصل الجزء العلوى الأنبوبة فحسب، وإنما يزيل كذلك الجزء الذى يحتوى على أعلى درجة من الانفصالية . « انظر الشبق فى أقصى اليمين فى شكل (٥) ».

ولا يحتوى الصلب الذى تنطلق منه الغازات خلال فترة التجمد أى اسفنجية (بخبخة) ، ولكن يكوّن انكماش المعدن ــ نتيجة للتبريد المفاجىء الذى يسببه القالب ــ أنبوبة فى وسط الكتلة . وتخلص الشبقات من هذا العيب فى نوع خاص من الصلب يسمى الصلب المقفل . وينتج هذا النوع من الصلب بطريقة خاصة ، وذلك فى صناعات أنواع الصلب عالية الجودة مثل الصلب السبائكى الخاص وصلب العدة . ويبين شكل(٥) فى الشبقين الأول والثانى ، أمثلة من صلب لا يحتوى على أى إسفنجية ومع ذلك فى وسطه أنبوبة .

ينتج صلب إسفنجى بنيته الداخلية كالمبين فى الشبق الذى فى أقصى اليسار من شكل(٥) بطريقة معينة تخفض بها نسب الكربون والسليكون ، ولكن لا يُعنى بتخليص الصلب من الغازات . وفى العينة المشار إليها إسفنجية بها بخبخة كثيرة ، ولكن فى الوقت نفسه لا توجد أنبوبة داخلها . وذلك نتيجة لتجنب تخفيف أثر الانكماش الذى يعوض فراغات الاسفنجية . ويستخدم هذا النوع من الصلب فى عمل الألواح المدرفلة التى تصنع بالسحب الطويل العميق. وخُلصت العينة الثانية من اليسار فى شكل (٥) من الغازات تخليصا جزئياً . وأصبحت بذلك وسطاً بين الصلب المقفل والصلب الاسفنجى . ويستعمل هذا النوع فى إنتاج ألواح صلب الانشاءات والقضبان ، وكذلك تستعمل فى مختلف المطروقات ومنتجات



شكل (٥) شبق من صلب معد للاختبار

الحدادة . وبالصلب عيوب أخرى مثل الشوائب غير المعدنية أو الخبث والقشور والشقوق ولكن يجب أن تكون شبقات الصلب خالية من الاجهادات الداخلية .

طرق صناعة الصلب

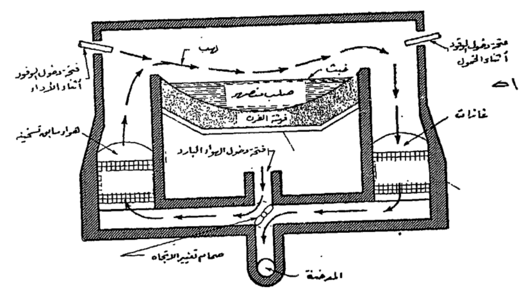
تنتج جميع أنواع الصلب ، سواء الصلب الكربونى العادى منها أو الصلب السبائكى ، باعادة صهر الحديد الخام والصلب الخردة فى أفران خاصة . والحديد الخام هو العنصر الأساسى فى إنتاج الصلب . وينتج فى الفرن العالى بعملية اختزال كياوى ويصنف خام الحديد والحديد الخام عدة أصناف ، ترتب تبعا لتركيبها الكيموى ، بحيث يمكن اختيار الأنسب منها لانتاج الصلب المطلوب ، المستعمل مثلا فى إنتاج مكنة أو محرك أو أى منتج آخر . ولانتاج الصلب عدة طرق ، ولكن العوامل

الاقتصادية ونوع الصلب المطلوب ، هي التي تحدد اختيار طريقة الانتاج المناسبة .

والطرق الثلاث الرئيسية المستعملة فى إنتاج الصلب هي : طريقة الفرن المفتوح ، وطريقة الفرن الكهربى ، وطريقة « بسمر » . وينتج أغلب الصلب الذى يلزم الصناعة بطريقة الأفران المفتوحة . وتتلخص طريقة إنتاج الصلب فى اختزال وتنقية شحنة الحديد الخام والخردة عند درجات حرارة عالية داخل الفرن ، ثم تضاف إلى الشحنة عناصر مختلفة لانتاج أنواع الصلب المطلوب ، التى تطابق المواصفات الطبيعية والكيماوية الموضوعة .

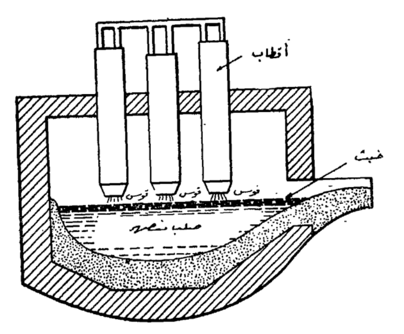
توضع الشحنة فى الفرن المفتوح ـ وذلك فى حالة استعماله ـ وتسلط من فوقها حرارة عالية يولدها احتراق خليط من الهواء والغاز ، فتتأكسد الشوائب التى بالشحنة ، ثم تنفصل المتأكسدات وتطفو على المعدن المنصهر ، وذلك لانخفاض وزنها النوعى . ثم تنطلق هذه التأكسدات على هيئة خبث من فتحة مناسبة فى الفرن . ثم يصب الصلب المنصهر المنقى فى بوتقة كبيرة ، ومنها يصب فى قوالب الشبقات التى تكون بأحجام تناسب ما سيجرى على الشبقات من أساليب وعمليات صناعية . وينتج صلب الفرن المفتوح بالطريقة القاعدية أو بالطريقة الحامضية ، وذلك تبعاً للتغيرات الكيماوية التى تحدث بالحديد الخام . وتستعمل الطريقة القاعدية على نطاق أوسع. ويبين شكل (٦) قطاعا فى فرن مفتوح يعمل بالغاز أو بالوقود السائل .

وينتج الصلب عالى الجودة فى الفرن الكهربى ، وذلك لأنه يمكن فيه التحكم الدقيق فى تركيب المعدن وفى درجة الحرارة . وتتولد الحرارة اللازمة لتنقية المعدن عن طريق أقطاب كربونية تدخل فى الفرن ، فتتولد قوس كهربية بينها أو بين الشحنة ، أو عن طريق ملف تأثير يحيط بوعاء داخل الفـــرن الذى يحوى الشحنة . والتحكم الدقيق فى درجة الحرارة ، وفى الجود داخل الفرن ، من أهم العوامل لانتاج صلب نقى خالص . ويمكن أخذ عينات لتحليلها خلال فترة الصهر ، لتقدير إضافة بعض العناصر إذا لزم الأمر ، وذلك لضبط المواصفات الفيزيائية أو الكيماوية المطلوبة . وتنتج طريقة الفرن الكهربى صلبا بأى درجة من النقاوة



شكل (٦) قطاع تخطيطى لفرن مفتوح يعمل بالغاز أو بالوقود السائل

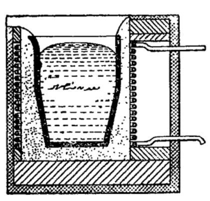
والتركيب الكيماوى حسب الرغبة . وتكاليف الفرن الكهربى أعلى من تكاليف الفرن المفتوح ، وذلك لارتفاع سعر التيار الكهربى. وتستعمل هذه الطريقة لانتاج أنواع الصلب الجيد ، ليمكن تغطية زيادة تكاليف هذه الطريقة . وشكل (٧)



شكل (٧) قطاع تخطيطى فى فرن كهربى

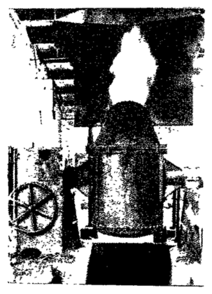
يبين قطاعا فى فرن كهربى مجهز بثلاثة أقطاب كربونية تدخل الفرن وتلامس الشحنة المعدنية ، فيسير فيها التيار الكربى .

وشكل (٨) يبين قطاعا فى فرن يعمل بالتأثير والتردد العالى . يدخل هذا الفرن تيار عالى التردد فى ماسورة من النحاس المبرد بالماء تكون الملف الابتدائى للمحول الكهربى . فيتولد بالتأثير تيار فى الشحنة التى تكون بمثابة الملف الثانوى ، وتولد مقاومة المعدن الكهربية للتيار ، ارتفاعا فى درجة حرارته فينصهر .



شكل (٨) قطاع تخطيطى في فرن يعمل بالتأثير والتردد العالى

وطريقة بسمر هى أقل الطرق المستعملة اليوم فى إنتاج الصلب ، مع أنها تعتبر أقدم طرق إنتاجه . وتستخدم حاليا بمثابة عملية ابتدائية لصهر الصلب الذى ينقى بعد ذلك فى الفرن المفتوح . وتسمى هذه الطريقة بالطريقة المزدوجة . وأهم فوائدها هي أن زيادة السيليكون والمنجنيز فى الشحنة تنخفض بسرعة فى محول « بسمر » ، وذلك لاحتراقهما نتيجة لامرار هواء مضغوط خلال المعدن المنصهر . وهذا ينقص مدة التسخين اللازمة فى الفرن المفتوح . وينتج الصلب نقيا بهذه الطريقة المزدوجة . أما فى طريقة بسمر المباشرة ، فان شوائب الشحنة المعدنية تتحول إلى خبث بوساطة الهواء البارد الذى يندفع خلالها ، فيحترق الكربون الزائد ، ثم يصب الصلب المنصهر فى وعاء المصهور ، ثم بعد ذلك فى قوالب خاصة . وشكل (٩) يبين المنظر الأمامى لمحول « بسمر » سعته ١½ طن .



شكل (٩) منظر أمامى لمحول « بسمر » سعة ١½ طن فى اثناء التشغيل

تبويب أنواع الصلب

الصلب من أهم المعادن التى عرفها الانسان . إذ يستعمل فى صنع منتجات كثيرة لتنوع خواصه ، وتبوب لكثرتها حسب ما يلى :

١ — تركيبه الكيماوى .
٢ — بنيته .
٣ — خواصه الفيزيائية الواضحة .
٤ — طريقة إنتاجه .
٥ — منافعه واستعمالاته المختلفة .

وتستعمل الاصطلاحات الفنية الآتية لتبين أنواع الصلب التجارية المختلفة . وهي : النوع ، والمرتبة ، والنمط ، والدرجة .

النوع : ويعين أسلوب أو طريقة الصناعة .
أمثال ذلك : صلب بوتقة ، صلب بسمر ، صلب فرن مفتوح قاعدى ، صلب فرن كهربى ... وغير ذلك .

المرتبة : وتعين أقسام الصلب حسب حجمه ومنافعه واستعمالاته .
مثال ذلك : صلب عالى الكربون ، صلب سباكى ، صلب عدة . . . إلخ

النمط : ويعين صفات الصلب ، كحجم حبيبات بنيته ، أو تحليله الكيماوى .
مثال ذلك : صلب ناعم الحبيبات . . . إلخ

الدرجة : وتعين أقسام مختلفة ضمن كل نمط من أنماط الصلب ، وهذا التقسيم بناء على نسبة الكربون التى فيه أو نسب غير ذلك من عناصر سبائكه .
ومثال ذلك : صلب منخفض الكربون ، صلب يقاوم الحرارة وغير ذلك من الخواص الفيزيائية .

ولقد تطورت صناعة الصلب إلى درجة عظيمة ، أصبح معها الصلب فى أنواع مختلفة عديدة حسب تركيباتها الكيماوية ومواصفاتها الطبيعية . وبهذا أصبح

من الممكن إنتاج أى نوع من الصلب ليناسب أى نوع من أنواع الاستعمال .

تحسين خواص المعدن الفيزيائية بالتشغيل الميكانيكى على الساخن

تشكل شبقات الصلب بصبه منصهراً فى قالب معدنى أو قالب من مواد حرارية . وتتبع نفس هذه الخطوات – مع بعض التغيرات – لانتاج شبقات من المعادن . ويولد التبريد البطىء نسبياً بنية خشنة (كبيرة الحبيبات) . لذلك يلزم لتحسين هذه البنية تشغيل الصلب على الساخن . وكذلك يعامل الصلب حرارياً لتتحسن بنيته إذا كانت كبيرة الحبيبات ويشمل تشغيل المعادن الميكانيكى على الساخن ، تسخينها إلى الحالة اللدنة (العجينية) ، وبعد ذلك يتم تشغيلها بأساليب مختلفة ، نوردها فيما بعد . ويعيد تشغيل المعادن على الساخن ترتيب بللوراتها التى تسكونت فى أثناء التبريد . وطبيعى أن ينساب المعدن فى تجاه التشغيل ويقل مقطعه ويتحول تركيبه الحبيبى من الخشونة إلى النعومة . وللاسلوب الميكانيكى المتبع فى التشغيل أهمية كبرى ، فالمعدن قد يشغل بالدرفلة ، أو بكبسه فى القوالب ، أو بوسائل أخرى .

وتتحسن صفات المعدن كثيراً بالتشغيل الميكانيكى على الساخن ، فتزداد قوة تحمله وقد تزداد صلادته فى بعض الأحيان أما قابليته للاستطالة ، فقد تزيد أو تقل ، وذلك تبعاً لأحوال وكيفية التشغيل .

الدرفلة على الساخن هى الخطوة الأولى لتشغيل المعادن على الساخن

تؤدى درفلة المعادن على الساخن على وجه العموم ، ودرفلة الصلب على وجه الخصوص إلى تحويل كتلة المعدن إلى أشكال مبسطة ، ويمكن تشكيلها بعد ذلك إلى عدد من الأجزاء المختلفة، كما أنها تحسن خواص المعدن الميكانيكية . وتحول الدرفلة بنية الصلب المسبوك إلى بنية حبيباتها دقيقة ، تزيد بذلك مطولية الصلب ومتانته ، فيقاوم الصدمات . والدرفلة وسيلة اقتصادية لانتاج كميات كبيرة بأشكال

مبسطة مصنوعة من الصلب . ومنها الصلب الانشائى ، والقضبان ، والصاج والألواح. وتستعمل كذلك لتجهيز الأشكال اللازمة للتشغيل بالحدادة وسحب الأسلاك .

توضع الشبقات المصبوبة قبل الدرفلة فى حفرتها الاستنقاع ، حيث ترفع درجة حرارتها فتصبح مناسبة لتشغيل المعـــدن على الساخن . وشكل (١٠) يبين كيف تخرج شبقات الصلب من القوالب كما يبين شكل (١١) كيفية إخراج الشبقات المسخنة من حفر الاستنقاع .



شكل (١٠) اخراج شبقات الصلب من قوالبها

والدرفلة عبارة عن إمرار شبقات الصـلب الساخنة بين أسطوانتين تدوران فى اتجاهين عكسيين بسرعة دائرية واحدة ، وتضبط المسافة بين هاتين الأسطوانتين بحيث تكون أقل قليلا من سمك الكتلة المارة حولها . وبهذه الطريقة تقل مساحة مقطع الكتلة ويزداد طولها . وينتج بذلك ثلاثة أشكال تناسب العمليات التالية :

المسطحات — المربعـات — الألواح . ويبين شكل (١٢) مكنة درفلة مقاس ٣٥ بوصة ذات طابقين ، وبها كتلة بين الأسطوانتين .

مكنات الدرفلة والمعدات الاخرى

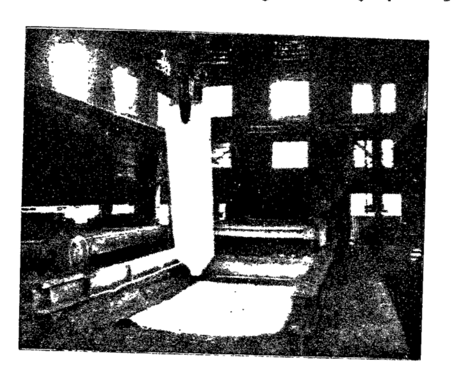
الأسطوانات هي المعدات الضرورية لدرفلة المعادن ، وتصنع غالباً من الصلب الجيـد . وتستعمل الأسطوانات المصنوعة من الزهر الجيد أيضاً فى نطاق محدود ،

وخصوصاً عندما تكون درجة حرارة الدرفلة منخفضة نوعاً . وتتكون مكنة الدرفلة من ثلاثة أجزاء رئيسية :

١ — جسد برميلى الشكل .
٢ — رقبة .
٣ — توصيلة حركة الدوران .

ويختلف نوع الدرفلة باختلاف المطلوب منها ، فربما تكون درفلة ناعمة ومستوية للتسطيح ، أو تكون لمجار ومشقبيات عند درفلة مقاطع صلب الانشاءات وقضبان السكك الحديدية .

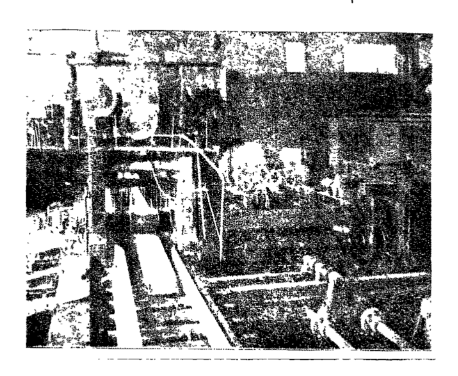
وتتراوح أقطار الدرافيل من بضع بوصات إلى خمس أقدام . ويتحكم وزن وحجم الدرفيل فى كمية النقص فى مساحة مقطع الجزء المدرفل . وينصح أن تكون الدرافيل بأقطار صغيرة ، تعمل مسندة على اسطوانات كبيرة ، تمنع الانحناء فى أثناء الدرفلة وذلك للاقتصاد فى النفقات .



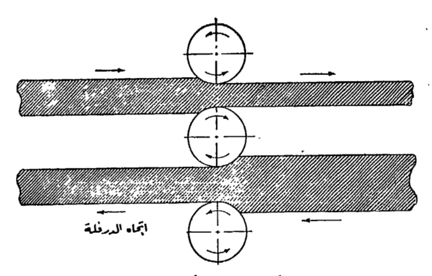
شكل (١١) إخراج شبق من حفرة الاستنقاع الحرارى وهى ساخنة إلى درجة تناسب الدرفلة

والرقبة هى الجزء الذى يدور عليه الدرفيل داخل كرسى محور الدوران ، وتوصيله الحركة ، هى توصيلة على شكل النجم ، يدار عن طريقها الدرفيل بوساطة اسطوانة مجوفة تربطه بعمود الأدارة . وبهذا تصبح حركة الأدارة مرنة ، فاذا زاد الحمل أو حدث أمر غير عادى ، تنكسر الوصلة قليلة التكاليف بدلا من أن ينكسر الدرفيل نفسه .

وتقسم قوائم مكنات الدرفلة حسب ترتيب الدرافيل فى أماكنها . فهناك قوائم بطابقين تحتوى على درفيلين ، وأخرى بثلاثة طوابق تحتوى على ثلاثة درافيل ، وثالثة بأربعة طوابق تحتوى على أربعة درافيل . وتدور الدرافيل فى القوائم ذات الطابقين فى اتجاهين متضادين . أما فى القوائم ذات الثلاثة الطوابق ، وهى العاكسة ، فيمكن إدارة الاسطوانات فى الاتجاه العكسى ، وبذلك يمكن إنقاص مساحة مقطع المدرفلات دون توقف ، وذلك بامرارها ذهابا وإيابا بين درفيلين ، حتى تصل إلى الحجم المطلوب . وشكل (١٣) يبين قائما بثلاثة طوابق يدور فيها



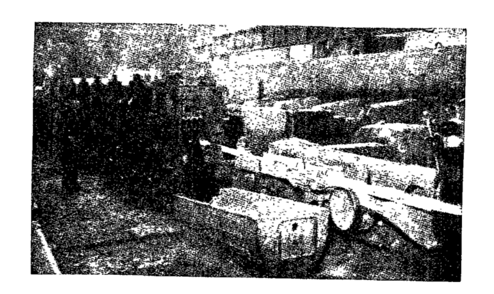
شكل (١٢) منظر آلة درفلة ٣٥ بوصة



شكل (١٣) مكنة درفلة لها قائمة ذات ثلاثة طوابق

درفيلان الأعلى والأسفل منهما يدوران فى اتجاه واحد . والدرفيل الأوسط يدور فى اتجاه عكسى . ولمكنات الدرفلة التى من هذا النوع ، حوامل خاصة يمكن ضبط ارتفاعها لادخال المدرفلات أو الكتل المسطحة بين درفلى مكنات الدرفلة الأعلى والأسفل .

ومكنات الدرفلة ذات الاتجاه الواحد ، عبارة عن عدة قوائم ذات طابقين مرتبة الواحد بعد الآخر ، بحيث يمكن إمرار المعدن داخلها على التوالى . ويدار درفيلى كل قائمة بسرعة متزايدة ، لتناسب الزيادة فى طول المعدن . وهذه الطريقة تلائم إنتاج كميات كبيرة من المدرفلات المصنوعة من الصلب فى مدة قصيرة ، وذلك لأن المعدن يمرر باستمرار من القائمة الأولى إلى آخر قائمة . ويمكن زيادة سرعة الدرفلة كثيرا ، فتصل هذه السرعة فى مكنات الدرفلة الحديثة إلى (٤,٠٠٠ قدم فى الدقيقة) . ولا يمكن إنتاج الأشكال المعقدة فى مكنات الدرفلة ذات الاتجاه الواحد . ويلاحظ أن التكاليف المبدئية للمعدات اللازمة لقسم مكنات الدرفلة ذات الاتجاه ، الواحد عالية . ولكن مما يبرر هذا وفرة الانتاج ، الاقتصاد فى أجور العمال . وشكل (١٤) يبين مكنة درفلة ذات اتجاه واحد فى أثناء التشغيل .



شكل (١٤) مكنة درفلة باتجاه واحد (لدرفلة الكتل المسطحة)

وينظم توزيع سرعات مجموعات الدرافيل المختلفة بوساطة مجموعة من تروس الادارة . ويمكن تعويض التآكل فى الاسطوانات ، وكذلك يمكن درفلة تخانات مختلفة من المعدن بوساطة تغيير المسافة بين الدرافيل . ويدخل المعدن بين الدرافيل بوساطة حواجز وحوامل أسطوانية خاصة .

وتتم درفلة الصلب ، وهو فى الحالة اللينة المعجنة فى المراحل النهائية فى حالة درفلة الألواح . وتدرفل المواد غير الحديدية مثل النحاس الأصفر والألمنيوم وسبائك النيكل والفضة ، فى العادة على البارد ، فى سلسلة من العمليات . ومن الضرورى إجراء عملية تخمير بين عمليات الدرفلة ، لتليين المادة لانها تتصلد نتيجة للتشغيل على البارد فى أثناء الدرفلة . وتدرفل كميات كبيرة من النحاس الأحمر على الساخن لتصبح فى هيئة أسياخ تسحب منها الأسلاك .

وتزن كتل الصلب المستخدمة فى صناعة الكمرات والقضبان والألواح عادة فيما بين (٣ أطنان و٢٠ طنا) ولها مقطع مربع بأركان دائرية . وتحول هذه الكتل إلى مدرفلات مسطحة وأخرى مربعة وألواح . ثم يعاد تسخينها أو تشكيلها

بأساليب أخرى إلى أشكالها النهائية . وتتم إعادة تسخين الكتل بعد إخراجها من قوالبها فى حفرات الاستنقاع الحرارى ، كما ذكر من قبل . ويستعمل الغاز الخارج من الأفران العالية وقودا لهذه الحفرات ، عندما تكون قريبة منها . وتزيد مدة بقاء الكتل فى حفرة الاستنقاع على المدة التى تبقى فيها الشبقات لتبرد . وتتعادل خلال مدة بقاء الشبقات فى الحفرة درجة حرارة الكتلة فى جميع أجزائها . وهذا ضرورى لنجاح عملية الدرفلة على الساخن ، كما هو ضرورى لأى عملية من عمليات التشكيل الاخرى على الساخن .

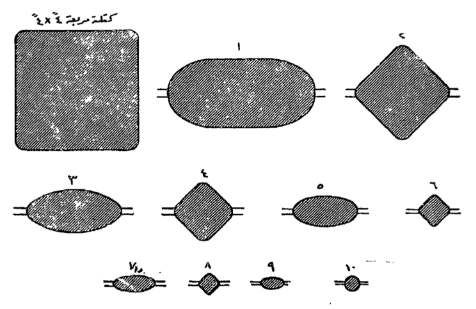
درفلة الشبقات المربعة والقضبان اللازمة للحدادة

وتلزم لدرفلة الشبقات والقضبان على الساخن ، معدات درفلة خاصة لتمكن من إمرار المدرفلات عدة مرات ، والمعدن لا يزال ساخنا . وهذا ينطبق على وجه الخصوص على الصلب ، حيث يلزم التحكم الدقيق فى درجة التشطيب والحصول على خواص فيزيائية معينة . وتعد بنفس الطريقة المدرفلات المربعة ، وكذلك القضبان التى لا أنبوبة فيها ، وليس فيها انفصالية للشوائب ، ولا أخطاء سطحية ضارة لتشغليها إلى منتجات نهائية بأساليب الحدادة المختلفة والتى يتبعها التشغيل بالمكنات ثم التجليخ .

وعندما تلزم منتجات من الصلب الجيد ، تعاد درفلة الكتل المربعة والأعمدة ، وهذا يخلصها من أى عيوب تكون قد بقيت فى الصلب . ويحقق هذا التشغيل الأضافى على الساخن سلامة السطح وسلامة الجزء الداخلى للمعدن ، كما يُظهر أهم خواصه الفيزيائية إلى أقصى حد . وشكل (١٥) يبين عدد مرات الدرفلة ، وكذلك تتابع العمليات اللازمة لانقاص مقطع مدرفل مربع بمقاس (٤ × ٤) إلى أعمدة مستديرة المقطع . ويعتمد عدد مرات الدرفلة على شكل وجرم القضيب المراد درفلته . ويتأتى من اتباع خطوات الدرفلة هذه الاندماج فى بنية المعدن وتولد خطوط انسيابية فى اتجاه الدرفلة .

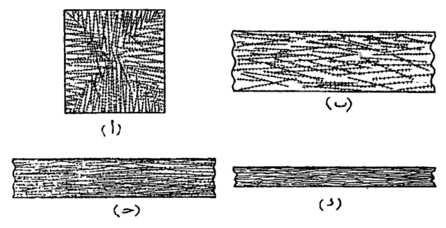
مزايا عمليات حدادة المعادن

أهم ميزة لتشغيل المعدن بأساليب الحدادة المختلفة الشائعة ، هى تحسين كبير فى خواص المعدن ذاته . والحقيقة أن تشغيل المعادن لتشكيلها إلى المنتجات المطلوبة هى أكثر من مجرد توليد الشكل المطلوب لجزء معين من المعدن . ويحسن تشكيل المعدن بأساليب الحدادة الحديثة من حبيبات البنية ، ويزيد قدرته على التحمل ، ويحسّن خواصه الفيزيائية ، كما تكون بنيته متجانسة خالية من العيوب الداخلية . وتحقق مقدرة التحمل والمتانة التى بالمعدن ، التى نشأت عند إجراء أساليب الحدادة عليه ، معامل أمن وسلامة وضرورى جدا إذا عرضت المنتجات إلى أحمال كبيرة فى أثناء استعمالها ، أو إلى اجهادات داخلية تنتج من هذه الأحمال فى أثناء الاستعمال . وهذه الزيادة فى معامل الأمن مرغوب فيها ، وخصوصا فى حالة الطوارىء التى تحدث عندما يتعرض الجزء المشغل لاجهادات مفاجئة لم تخطر على بال المصمم عند حسابه لاجهادات الاستعمال ، كما يحدث فى حالة أجزاء المحركات أو غير ذلك من آليات .



شكل (١٥) رسم يبين عدد مرات تمرير المدرفلات على الدرافل ، وتتابع العمليات اللازمة لإنقاص مقطع كتلة مربعة مقاس « ٤ × ٤ » إلى أعمدة مستديرة المقطع

ويمكن التحكم فى اتجاه وتركيز حبيبات البنية التى تترتب كالألياف عند تشغيل المعادن بالحدادة . وخصوصا فى المواضع التى تتعرض لأكبر الاجهادات وذلك بأسلوب مناسب من أساليب التشغيل بالحدادة . وتنمى عمليات الحدادة الخواص الطبيعة المرغوب فيها فى الجزء المشغل ، وهى الخواص التى من شأنها زيادة تحمل المعدن لاحتياجات الاستعمال . والأساليب الحديثة فى صناعة السبائك المعدنية المختلفة يسرت اختيار أنسب المعادن لأى جزء يطلب تشغيله . يؤدى هذا الاختيار مع استعمال طريقة حدادة ملائمة ومع معالجة حرارية مناسبة إلى إنتاج أجزاء معدنية تطابق المواصفات المطلوبة .

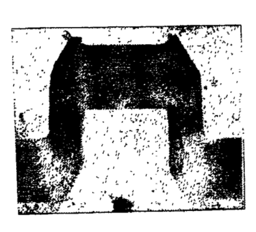


شكل (١٦) تـكوين خطوط الانسياب أو ترتيب الألياف بالتشغيل

تستطيل جزئيات المعدن فى أثناء عملية الحدادة على شكل ألياف طويلة تسمى خطوط الانسياب . وشكل (١٦) يبين تـكوين هذه الألياف بالحدادة . ويبين (١) الانفصالية فى البنية الدندرية (الشجرية) فى مقطع الشبق . وتظهر هذه الحالة بوضوح عند معالجة السطح بحامض ساخن . ويبين (ب) تأثير عملية حدادة قصيرة غير مطولة ، أو عملية أخرى من عمليات التشغيل على الساخن فى تحوير البنية الدندرية . المطوله فى اتجاه انسياب المعدن . ويبين (حـ) تأثير الحرارة المطولة أو عملية أخرى من عمليات التشغيل على الساخن. ويمكن ملاحظة النقص الواضح فى المعدن من الشكل . وأخيرا يبين (ى) كيف أن البنية الدندرية الشجرية الأصلية قد تطورت إلى خطوط انسيابية على شكل ألياف .

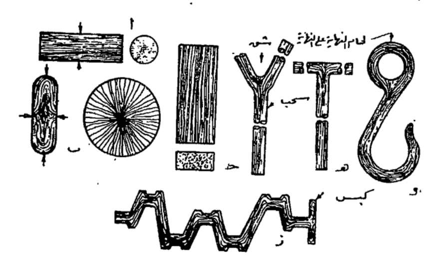
تنتشر جزئيات المعدن المختلفة خلال فترة التشغيل على الساخن ، ويسبب هذا نقصا فى الانفصالية فى الكتلة المسبوكة ينتهى باختفائها تماما . والتشغيل المطول على الساخن يؤدى إلى إنتاج صلب متجانس له انسياب أو ألياف دقيقة . وشكل (١٧) يبين كيف أنه يمكن إظهار خطوط الانسياب فى أى جزء أجريت عليه عملية من عمليات الحدادة ، وذلك بقطع الجزء ومعالجته بمحلول فى درجة الغليان ، يتكون من (٥٠٪ حامض هيدروكلوريك و ٥٠٪ ماء) . ويبين الشكل مقطعا فى عمود مرفق (كرنك) شكل بطريقة الحدادة بطرقة التساقط وعولج بحامض ساخن .

وتحدث هذه الخطوط الانسيابية خواص اتجاهية واضحة . والأجزاء التى تولدت فيها ألياف ظاهرة إثر عملية من عمليات الحدادة لها مطولية ومتانة تقل فى اتجاه متعامد على اتجاه الألياف عنه فى اتجاه الألياف ، كما هو الحال فى الخشب . وشكل (١٨) يبين كيفية الاستفادة من مزايا خطوط الانسياب عند تشغيل أجزاء مختلفة ، مثل الخطاف أو عمود المرفق (الكرنك) ، بعملية من عمليات الحدادة . ويبين (أ) خطوط الانسياب فى قضيب مدرفل أو مشكل بالحدادة . ويبين (ب) كيف أن هذا القضيب قد شكل ليصبح ترسا له خطوط انسياب مركزية ، لأسنانه أقصى مقاومة .ويبين (حـ) و (ى) و (هـ) و (و) خطوات صناعة خطاف ، يمكن بها الاستفادة إلى أقصى حد من الخطوط الانسيابية . والجزء المنحنى فى الخطاف أهم موضع فيه ، إذ تتركز الأجهادات فيه عند الاستعمال . ويبين (ز) خطوط



شكل (١٧) قطاع فى عمود مرفق (كرنك) عولج بحامض ساخن

الانسياب أو الألياف فى عمود مرفق ، كما يلاحظ أنها تتشكل بشكل الجزء العام .



شكل (١٨) كيفية الاستفادة من خطوط الانسياب في تشكيل ترس وخطاف وعمود مرفق الحدادة

ومن مميزات عملية الحدادة ، أنه يمكن الاقتصاد فى الوزن دون تقليل من قدرة التحمل أو حمل الأمان ، كما يمكن استخدام مقطع أصغر دون الاقلال من قدرة الجزء المشغل على التحميل . وهذا يقلل من الحجم الذى له أهمية كبرى فى حالة المكنات الحديثة وغيرها من المحركات أو الآليات . وكذلك يمكن الحصول بأساليب الحدادة على أقصى مقاومة للشد أو الضغط أو الالتواء . وكذلك فى حالة ثقب المعادن فى أجزاء الآليات . وهذا التحسن فى المعدن ينشأ من التحكم فى انسياب الجزئيات فى أثناء الحدادة . وللحصول على أحسن النتائج فى الجزء المشغل ، يجب اختيار أنسب المعادن وأنسب أساليب الصناعة . وجعلت أساليب الحدادة الحديثة من الممكن تشغيل أجزاء بتفاوت صغير ، تشغيلها على المكنات أقل من الاجزاء المشغلة بالطرق البدائية الأخرى . ومكنت وفرة الأنواع المختلفة من المعادن وسبائكها المنتجين من اختيار المعادن التى يسهل تشغيلها بالدرافيل مما أدى إلى تخفيض تكاليف إنشاء المكنات وآلات ومعدات التشغيل .

أسئلة للمراجعة

١ — ما هى الطريقة المستعملة فى تقدير نوع وجودة المعدن ؟

٢ — ما هى الجودة الحقيقية لجزء صمم ليعمل تحت ظروف معينة ؟

٣ — اشرح معنى مجموعة متوازنة من الخواص الطبيعية المشتركة لمعدن اختير لمنتج معين .

٤ — عرف خاصية المتانة لمعدن ما .

٥ — ما هو الشكل الصناعى الأول لمعظم المعادن ؟

٦ — ما هى العناصر الداخلة فى تكوين الصلب الكربونى ؟

٧ — اذكر بعض العناصر المختلفة ، التى قد توجد فى بعض أنواع الصلب السبائكى الخاصة .

٨ — فى أى حدود تتراوح أحجام كتل الصلب ؟

٩ — اذكر واشرح باختصار مسببات بعض العيوب الشائعة فى كتل الصلب .

١٠ — ما هى الثلاثة أساليب الرئيسية لصناعة الصلب ؟

١١ — اذكر التقسيمات الخمسة الرئيسية للصلب .

١٢ — اشرح باختصار عملية الدرفلة على الساخن لتشكيل المعادن .

١٣ — صف الدرافيل التى تستخدم فى درفلة الصلب .

١٤ — ما هى معدات الدرفلة ذات الاتجاه الواحد المستخدمة فى درفلة الصلب ؟

١٥ — ما الغرض من الأفران الخاصة ، وما درجات الحرارة التى يعمل بها ؟

١٦ — صف عملية تشكيل الكتل المسطحة والأعمدة ، استعدادا للتشغيل بالحدادة .

١٧ — اذكر أهم ميزات حدادة المعادن .

الباب الثالث

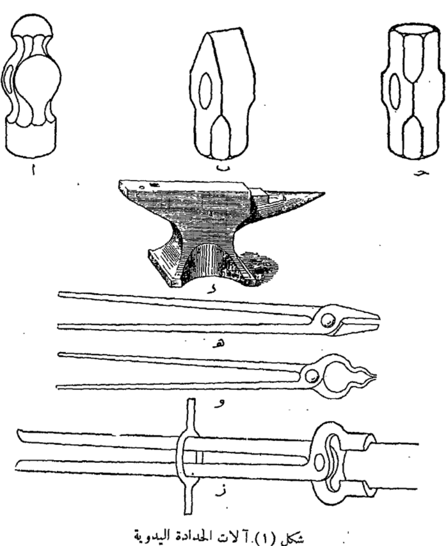
الحدادة اليدوية

الحدادة فى الزمن القديم

لم تعرف أساليب الأنتاج الكبير المستعملة فى الحدادة إلا حديثا . ولكن حدثت عدة تطورات وتحسينات فى الأساليب المعروفة وذلك لتحسين المنتجات ، ولزيادة كمياتها . وتستهدف أساليب الحدادة الحالية إنقاص تكاليف المنتجات دون المساس بجودتها. وكانت الحدادة اليدوية قبل ظهور الطرق الحديثة أهم وسيلة لتشكيل المعدن الساخن إلى الشكل المطلوب . وكانت عمليات الطرق اليدوية ، هى مما يقوم الحداد به فى غالب الأحوال ، ليصنع من الحديد والصلب كل الأشكال المطلوبة التى يمكن تشكيلها تشكيلا لدنا بهذه العمليات اليدوية . ولكن فى وقتنا الحالى أصبحت تكاليف أداء الحدادة بالطرق اليدوية ، وعدم دقة نتائجها مما يجعل هذه الطرق اليدوية غير مجدية بتاتا . لهذا لا تستخدم إلا قليلا فى تشكيل بعض المنتجات البسيطة المطلوبة ، لأغراض الصيانة ، وغير ذلك مثل مستلزمات ورش إصلاح السكك الحديدية . . . الخ . ولذلك استغنت معظم الورش عن الحدادة اليدوية، واستبدلتها باستخدام المطارق الميكانيكية ، كما حلت الأفران الحديثة محل الكور القديم فى تسخين المعادن. إلا أن مبادىء وقواعد الحدادة اليدوية ، لا تزال تستخدم فى أساليب الحدادة الميكانيكية الحديثة ، هذا زيادة عن أن كثيرا من المنتجات لا تزال تشكل بالحدادة اليدوية فى مرحلة التصميم . ولا شك أن هذه الطريقة أقل نفقة من صنع قوالب مرتفعة التكاليف ، لمنتجات فى مراحل التطوير الأولى . ويستحسن دراسة أساليب التشغيل بالحدادة اليدوية ، ودراسة معداتها قبل دراسة طرق وأساليب الحدادة الميكانيكية المعقدة ، وكذلك دراسة الآليات التى تستعمل فى الانتاج الكبير .

الآلات والعدد اليدوية

وما زالت أساليب الحدادة اليدوية وطرقها ، تمارس على نطاق محدود لتشكيل الأجزاء الصغيرة ، كما ذكر من قبل . والواقع أنه فى بعض الأحيان ، لا يستغنى عنها عند صنع الآلات التى تلزم لورش الصيانة ولأعمال الاصلاح . وكثيرا ما تستعمل المطارق الميكانيكية الصغيرة بدلا من المطارق اليدية ، كما أن عددا من الآلات والعدد الصغيرة، يلزم إعداده لتزيد سرعة العملية ودقتها . ولهذه الآلات فى الغالب مقابض خشبية لتمسك باليد فى أثناء الطرق عليها «بالمرزبات» أو بالمطارق الميكانيكية . ويبين شكل (١)



شكل (١). آلات الحدادة اليدوية

مجموعة من هذه العدد والآلات اليدوية المستعملة فى الحدادة اليدوية . ويبين (ا) مطرقة ببيضة يستخدم فى أغلب عمليات الحدادة اليدوية . ويبين (ب) مطرقة بتاريج (مطرقة حدادة بوجه واحد) . ويبين (حـ) مرزبة (مطرقة حدادة ثقيلة بوجهين) . وهاتان المطرقتان لاستعمال مساعد الحداد،ويتراوح وزنهما فيمابين ٢٠,٥ رطلا . ويبين (ى) سندال الحداد — وهى أداة تستخدم بنفس الشكل والصورة منذ عدة قرون . وفى بعض الأحيان تصمم بعض السندالات بشكل خاص لتستعمل فى بعض عمليات حدادة معينة ، ولـكن استعمالها يماثل استعمال السندال العادى المستعمل فى أغلب عمليات الحدادة اليدوية . والسندال المبين فى (د) يتـكون من الجسم (ا) الذى يصنع غالبا من الحديد المطاوع ، ويلحم عليه سطح من الصلب الصلد . ويسمى الجزء (ب) القرن ، والجزء (حـ) ذيل السندال . ويرتـكز السندال على قاعدة وأرجل فى أسفله . وفى ذيل السندال ثقبان أحدهما مربع ، ويسمى الثقب المربع ، والآخر مستدير ويسمى الثقب المستدير .

وتستخدم ملاقط بأشكال مختلفة فى عمليات الحدادة اليدوية ، لأنه كثيرا ما يطلب طرق أجزاء على السندال لايمكن مسكها باليد ، ولـكن باستخدام الملاقط المناسبة يمكن مسكها وتناولها بسهولة . وكما يمكن مسك وتناول الأشياء الصغيرة بها مثل الأسلاك ، يمكن مسك الأجزاء الـكبيرة مثل الشبقات والـكتل والقضبان باستعمال ملاقط مصممة لتناسب كل حالة . ويصمم فـكا الملقط ليناسبا الجزء المراد تناوله فى أثناء طرقه على السندال . ويبين شكل (١) مجموعة من الملاقط التى تستعمل كثيرا فى الحدادة اليدوية . ويبين (هـ) ملقطا مستقيما (و) ملقطا معوجا و (ز) ويبين حلقة لإحكام إقفال ملقط ملفوف عند مسكه قطعة ثقيلة . وهذه بعض الأمثلة للتعرف على الملاقط التى يشيع استعمالها ، وهناك ملاقط عديدة أخرى مصممة لجميع الحالات عند حدادة الأجزاء والآلات والأوزان والاشكال المختلفة . ومن الآلات والعدد اليدوية أنواع مختلفة من المقاطع التى تستخدم لقطع الصلب الساخن أو لحز الصلب البارد . ويبين شكل (٢) مجموعة من هذه المقاطع التى تستخدم لقطع الصلب .

ويبين (ا) مقطعا يقطع على الساخن و (ب) مقطعا يقطع على البارد و (حـ) قطاعة . وتستخدم القطاعة بوضعها فى الثقب المربع فى كعب أو ذيل السندال ، ثم يطرق على الصلب بوجه المطرقة مع وضع الصلب على حد القطع فى القطاعة . ويستخدم بلص بأشكال مختلفة لتشكيل وتشطيب الأسطح المحدبة والثقوب المستديرة وغير ذلك من الأشكال المناسبة . ويبين شكل (٣) بلص ملف مصمم لتشكيل الأجزاء المستديرة . وتعرف الآلة العليا بالملف العلوى . وهى مزودة بمقبض مشابه ليد المطرقة . وهذه الآلة توجه الضربة فوق المعدن الساخن الموضوع على آلة الملف السفلى المثبتة فى مكانها بوساطة ساق مربعة تمتد إلى أسفل وتثبت فى الثقب المربع فى ذيل السندال المبين فى شكل (١) . ويجب ألا تستخدم الآلات التى لها سيقان مربعة على السندال ، إذا وجدت صعوبة فى تثبيتها بإحكام فى الثقب . وبلص الخصر الملفوف ، هى آلة تستخدم فى تشكيل المجارى أو الفجوات فى أثناء طرق المعدن الساخن إلى الشكل المطلوب . ويبين شكل (٤) بلص خصر ملفوف لتشغيل المجارى أو الفجوات المطلوبة . وهو يتكون من آلة عليا وأخرى سفلى . والآلة العليا مزودة بيد ، وتستخدم فى تشطيب المعادن عند الأركان وحول السرر . وأجزاء الزوايا الداخلية — والآلة السفلى لها ساق مربعة تثبت فى الثقب المربع فى السندال ، وتستخدم هذه الآلة لبسط المعدن فى اتجاه واحد .

وهناك آلات مختلفة مصممة لصقل الأجزاء المسطحة فى أثناء عملية التشطيب ، وتعرف هذه الآلات (ببلص سوكة وبلص مربع) . والبلص السوكة له فائدة فى تشغيل المعدن على الساخن داخل الزوايا والأمكنة الضيقة . ويصمم البلص المربع لتشغيل الأسطح المستوية الواسعة . ويستعمل السنبك المستدير لثقب ثقوب مستديرة فى المعدن على الساخن . وهناك سنابك أخرى ذات أشكال مختلفة تستخدم لعمل ثقوب بيضاوية ومربعة . . . الخ .

(ا) (ب) (حـ)

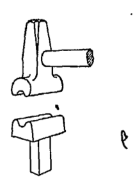
شكل (٢) مقاطع مختلفة

ويبين شكل (٥) بلص سوكة، وشكل (٦) بلصا مربعا، وشكل (٧) سنبكا مستديرا .

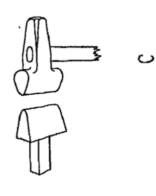
كور الحدادة :

أبسط الأكوار التي يستعملها الحداد، عبارة عن فرن مفتوح يعمل بالهواء المضغوط . ويمكن تسخين الحديد والصلب ومعادن أخرى وتجهيزها إلى الاشكال المطلوبة فى هذا الكور . وتستعمل المواد الحرارية مثل الطوب الحرارى فى بناء هذا النوع من الأكوار التى لها فى الغالب شكل مستطيل . وهناك غطاء فى أعلى الفرن لتجميع وسحب الدخان إلى المدخنة . وكثيرا ما يثبت فى جانب الكور حوض مصنوع من الحديد، يملأ بالماء يغطس فيه الحداد القطعة المحماة من الصلب لزيادة صلادته . ويضغط الهواء اللازم بمراوح ، إما باليد أو ميكانيكيا . وهناك فتحات خاصة فى أسفل الكور يدخل منها الهواء تحت النار ، ويمكن التحكم فيها بصمامات مناسبة .

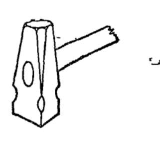
وتصنع الأكوار بأشكال وأحجام مختلفة ، ولكن بنفس الفكرة فى التصميم ، وهي أن الغرض الأساسى للكور ، هو أن يولد النار اللازمة لتسخين المعدن قبل الطرق . ويجب الاحتفاظ بعمق كبير من فحم الكوك بأقل



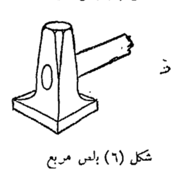
شكل (٣) بلص ملف



شكل (٤) بلص خصر ملفوف



شكل (٥) بلص سوكة

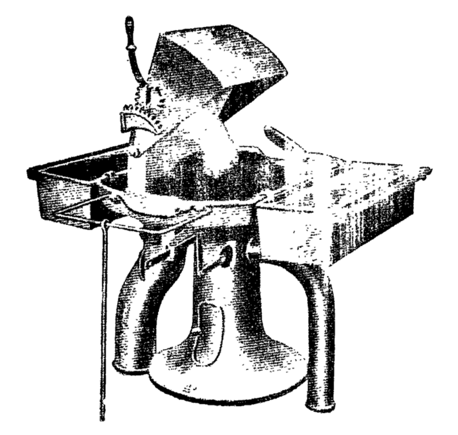


شكل (٦) بلص مربع

كمية من الهواء المضغوط ، الذى يدخل من الفتحات فى أثناء تسخين الصلب فى الكور . ويلاحظ أنه إذا كان عمق فحم الكوك قليلا وكمية الهواء كبيرة فى الكور ، يسبب زيادة فى أكسدة المعدن ، وربما يحترق الصلب فى أثناء تسخينه .

شكل (٧) سنبك مستدير

وشكل (٨) يتبين فيه كور يتجه فيه الهواء المضغوط إلى أسفل ، وعليه غطاء لتجميع وسحب الدخان . وتظهر فى الشكل ماسورة متصلة بالغطاء تمتد إلى أسفل ، كما هو مبين إلى يسار الشكل ، حيث تصل إلى مروحة العادم التى تسحب الهواء إلى الخارج . وعندما توضع المواسير تحت الأرض يسمى هذا نظام الهواء المتجه إلى أسفل . وتظهر الماسورة التى بها الهواء المضغوط تحت مستوى الأرض أيضا ، كما هو مبين فى اليمين



شكل (٨) كور بنظام الهواء المتجه إلى أسفل

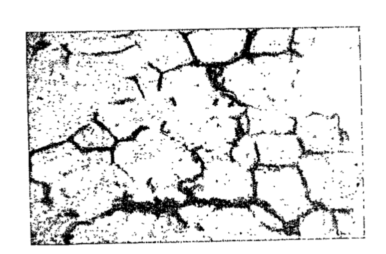
من الشكل ، كما تظهر الماسورة التى توصل ماسورة الهواء المضغوط وتتجه إلى أعلى فى الفتحات . ويتحكم صمام خاص فى كمية الهواء المضغوط الذى يمر على النار .

ويستمد تيار الهواء المضغوط فى بعض أنواع الأكوار القديمة ، من منفاخ . فى حين تستخدم الأنواع الحديثة ، مراوح دوّارة هي طلمبات الهواء أو المراوح الصادرة ، وهي إما تدار باليد فى الورش الصغيرة ، أو ميكانيكيا فى أغلب ورش الحدادة . وتدار المراوح أوطلمبات الهواء بالسير من طمبور مثبت على عمود الأدارة ، ويستمد حركته بالسير من محرك كهربى ، أو تدار المراوح من محرك مثبت فيها مباشرة . وأكثر أنواع الوقود استعمالا فى كور الحداد لتسخين الحديد المطاوع والصلب ، هو نوع جيد من الفحم الحجرى اللين الخالى من الكبريت ، يكسر إلى قطع صغيرة لزيادة كفاية التسخين . كما يستخدم فحم الكوك فى تسخين الحديد والصلب لأنه لا ينسد فلا يعطل النار فى الكور . والفحم النباتى وقود ممتاز لأنه خالمن الكبريت وخال من العناصر الأخرى غير المرغوب فيها ، ويولد نارا نظيفة . ويستخدم الفحم النباتى خاصة فى تسخين الصلب الكربونى ، ولكنه لا يستخدم فى تسخين الصلب سريع القلع (صلب الهواء) ،لأن الحرارة المولدة من احتراقه لا تكفى لرفع درجة حرارة هذا النوع من الصلب إلى درجة الحرارة التى تناسبه . كما يستخدم الغاز أو الزيت أو مسحوق الفحم فى كور الحداد لتسخين كل من الحديد والصلب .

التسخين للحدادة

يعتبر تسخين المعدن من أهم عمليات الانتاج بالحدادة . وكثيرا لا يعنى بأداء هذه العملية ، فتظهر صعوبات كثيرة فى أثناء عملية الحدادة وفى أثناء المعاملات الحرارية التى تتبعها . والواقع أن كثيرا من العيوب التى تظهر المنتج النهائى ، يسببها خطأ فى طريقة التسخين عقب عملية الحدادة نفسها . ومن هذه العيوب الرئيسية عند تسخين المعدن : التسخين الزائد عند اللزوم والتسخين غير المنتظم .

وطريقة تسخين العدد الصحيحة هي ألا يكون هناك فرق بين درجة الحرارة عند سطح المعدن، وبين درجة الحرارة الداخلية. ويحدث عند تشغيل معدن درجة حرارة سطحه أعلى من درجة حرارة داخله انسياب غير منتظم، قد يسبب تشققا داخليا فى المعدن. ويتبين من الخبرة العملية فى الحدادة، أن مدة تسخين قدرها ساعةأو ساعتان للبوصة فى مقطع قطعة من المعدن، هي السرعة المناسبة للتسخين. ويجب أن تكون مدة التسخين عند أعلى درجة حرارة مدة كافية للتأكد من انتظام توزع درجة الحرارة على جميع أجزاء المعدن. فيلزم لقضيب صغير من الصلب ألا يزيد عن (٣٠ دقيقة) ليصل إلى درجة حرارة الحدادة المناسبة، ثم يلزم بعد ذلك من (١٠ إلى ١٥ دقيقة) أخرى قبل الحدادة. وقد تحتاج كتلة كبيرة جدا من الصلب إلى أكثر من ٨٠ ساعة لتسخينها و ٣٠ ساعة أخرى قبل الحدادة.



شكل (٩) سطح مقطع كتلة محروقة سخنت أكثر مما يجب فى أثناء الحدادة

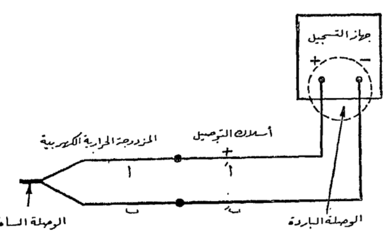
درجات حرارة الحدادة

يميل الكثيرون إلى تسخين المعدن حتى درجات حرارة أعلى من الدرجة المطلوبة لأداء عملية الحدادة على الوجه الأكمل، ويرجع ذلك إلى سهولة أداء

الحدادة فى درجات الحرارة العالية . وقد تسبب درجات الحرارة الزائدة عن الحد احتراقا يتلف تماسك المعدن ، كما هو مبين فى شكل (٩) . وفى هذه الحالة يجب إعادة صهر المعدن . وإذا سخن المعدن إلى درجة حرارة تزيد عن الحد ، ولكن لم يحدث عندها احتراق ، تكبر وتخشن حبيبات بنيته . وكثيرا ما يسبب هذا ارتفاع درجة حرارة التشطيب . ويحدد تركيب المعدن بداية درجات حرارة احتراقه وانصهاره ، لذلك يجب أن يتوقف تسخين المعدن قبل درجات الحرارة هذه بمقدار (٢٠٠°ف) على الاقل . وتحدد عمليات الحدادة نفسها ، الحد الذى يمكن الوصول إليه بالقرب من درجات حرارة احتراق المعدن المسخن . فاذا كان المطلوب تغييرا كبيرا فى شكل الخامة لتشكيل المنتج المطلوب ، يصح أن يسخن المعدن إلى أن تقترب درجة حرارته من درجة حرارة الاحتراق أو الانصهار . وإذا كان المطلوب تشكيل المعدن تشكيلا بسيطا لا يحتاج لعمليات حدادة كثيرة ، يلزم تسخينه إلى درجة حرارة كافية ، لا تزيد عما هو ضرورى لانهاء العملية فقط .

وسائل قياس درجات الحرارة

تستخدم أساليب حديثة لقياس درجات الحرارة داخل أفران تسخين المعادن قبل الحدادة . وطريقة القياس (بالپيرومتر) ، أو بمقياس درجة الحرارة بمزدوجة حرارية كهربية (الثرموكبل) ، أوسع الطرق انتشارا لقياس درجات الحرارة داخل الأفران . ويتكون مقياس الحرارة هذا من مزدوجة حرارية كهربية ، توضع فى الفرن ، وتتصل هذه المزدوجة بأسلاك بجهاز لتقدير درجات الحرارة . وتتكون أجهزة قياس درجة الحرارة ، إما من النوع الذى يشير إلى درجة الحرارة ، أو الذى يسجلها برسم بيانى . وقد تستخدم الطريقتان معا فى بعض أنواع الأجهزة . ويبين (شكل ١٠) الدائرة الكهربية المستخدمة فى مقياس درجة الحرارة (البيرومتر) ، وكذلك المزدوجة الحرارية والكهربية ، والمبين فى (شكل ١٠) جهاز بسيط مكون من سلكين من معدنين مختلفين طرفاها ملحوم أحدهما فى الآخر ، ومتصلان بجهاز تسجيل درجة الحرارة من طرفيهما الآخرين . ويوضع الطرف



شكل (١٠) الدائرة الكهربية للجهاز الحرارى الكهربى الذى يبين درجة حرارة الفرن

الملحوم داخل الفرن ويصبح الوصلة الساخنة . وتصبح الأسلاك المتصلة بجهاز تقدير درجة الحرارة الوصلة الباردة . والواضح أن مجرد وضع طرف المزدوجة الحرارية الكهربية الساخن فى الفرن ، لا يمكن أن يقدِّر درجة حرارة الصلب المسخن الحقيقية . لذلك يجب ترك الصلب فى الفرن وقتا كافيا لترتفع درجة حرارته إلى درجة حرارة الفرن . وكذلك يلزم ترك الطرف الساخن مدة مناسبة ، ليشير جهاز تقدير درجة الحرارة إلى درجة حرارة تمثل الحالة الحقيقية للمعدن المسخن .

وهناك أنواع أخرى من مقاييس درجة الحرارة (البيرومترات) ، وأجهزة تسجيل درجة الحرارة . ومهما كان نوع الأجهزة المستعملة ، يلزم التأكد من صحة قراءتها (معايرتها) مرارا ، (مرتين فى الأسبوع) ، ذلك إذا كانت هذه الأجهزة تستخدم باستمرار . وقد يؤدى إهمال التأكد من صحة قراءات الأجهزة أى معايرتها إلى عيوب خطيرة فى المنتجات النهائية .

تستخدم طرق بسيطة معروفة منذ سنين عديدة ، لتعيين درجة حرارة المعادن ، وخاصة الحديد والصلب . وهذه الطرق تتطلب خبرة عن تقدير درجة حرارة المعدن بالتقريب بمجرد النظر إليه . وبطبيعة الحال، يكون احتمال الخطأ فى هذه الحالة كبيرا ، إذ ليس فى استطاعة إنسان تحديد درجة حرارة المعدن المسخن بالضبط عن طريق لونه فقط . ويبين جدول رقم (١) ألوان المعدن التى تتولد عند درجات الحرارة

المختلفة . ويستعمل الحداد الذى يشغل منتجات الحدادة بالأساليب اليدوية ، طريقة تعيين درجة حرارة الحديد والصلب المسخن فى الكور عن طريق اللون . ولتقدير درجات حرارة الحدادة لأنواع الصلب الكربونى وسبائك الصلب الشائعة الاستعمال ، يجب أن يرجع الطالب لكتاب (Forging Handbook) ، كتاب اليد فى الحدادة ، الذى نشرته الجمعية الأمريكية للمعادن « بكليفلاند» أوهايو سنة ١٩٣٩. وتنشر شركة (أليومنيوم الأمريكية) وشركة (رينولدز للمعادن) نشرات بها معلومات مفصلة عن نطاق درجات الحرارة الدقيقة لحدادة سبائك الأليومنيوم المختلفة . وتوجه نظر الطالب إلى النشرات التى تنشرها الشركات الآتية :

Reverc Copper and Brass Incorporated, American Brass Company, and Dow Chemical Company.

لمعرفة درجات حرارة الحدادة لسبائك المعادن غير الحديدية . وللحصول على معلومات دقيقة عن خواص المعادن المختلفة، يرجع الطالب إلى كتب اليد فى المعادن التى تنشرها الجمعية الامريكية للمعادن « بكليفلاند » أوهايو سنة ١٩٤٨ .

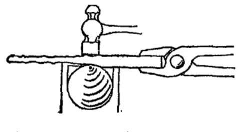
جدول رقم (١) ألوان الحديد والصلب عند درجات الحدادة المختلفة

اللون	درجة الحرارة ف °
أحمر ، أقل ما يرى فى الظلام	٨٧٨
أحمر ، أقل ما يرى فى ضوء النهار .	٨٨٧
أحمر غامق	١١٠٠
أحمر	١٣٧٠
أحمر فاتح	١٥٥٠
برتقالى	١٦٥٠
برتقالى فاتح	١٧٢٥
أصفر	١٨٢٥
أصفر فاتح	١٩٥٠

عمليات الحدادة اليدوية البسيطة

يجب فى جميع عمليات الحدادة اليدوية تسخين المعدن فى الكور إلى أعلى درجة حرارة يمكن أن يصل إليها ، بحيث لايحدث أى ضرر له . وأكثر عمليات الحدادة استعمالا ، هى عملية تقليل مساحة مقطع قطعة من المعدن المسخن ، ليزداد طوله . ويعرف هذا بسحب المعدن المسخن . وهى عملية يمكن إجراؤها بتشغيل المعدن على قرن السندال بسرعة أكثر من طرقها على سطحه . وطرق المعدن على سطح السندال ، يفرطح المعدن أكثر مما يجب ، فينتشر على مساحة أكبر منها إذا طرق على قرن السندال . وفى معظم الأحيان ، يكون المطلوب إطالة المعدن المسخن دون زيادة فى اتساع عرضه . لهذا يستعمل قرن السندال لأن مساحته محدودة .

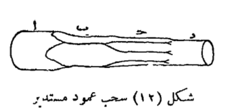
ويبين شكل (١١) عملية سحب المعدن على قرن السندال . ويلاحظ أن الجزء الدائرى من القرن ، يدفع المعدن إلى الانسياب فى الاتجاه الطولى عند طرقه بالمطرقة . وسحب المعدن على هذا القرن، يستنفد معظم طاقة طرقه المطرقة فى دفع المعدن على الامتداد فى الاتجاه المرغوب . والأدوات اليدوية ، البلوص والخصر الملفوف السابق شرحها تحقق إلى درجة ما نفس النتائج التى تصل بالطرق على القرن . ويمكن استعمال قضيب من الصلب مستدير المقطع لتأدية نفس الغرض عند استعمال المطارق الميكانيكية .



شكل (١١) سحب المعدن على قرن السندال

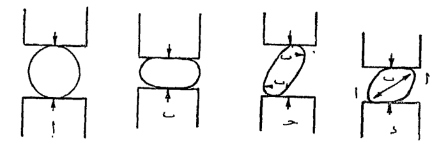
ويبين شكل (١٢) خطوات العمل اللازمة لسحب عمود مستدير المقطع بقطر معلوم لتصغير قطره . ويلاحظ أن أحسن طريقة لسحب القضبان المستديرة المقطع، هى طرق القضيب وسحبه إلى الطول المطلوب ، ولكن بقضيب مقطعه مربع ، ثم طرقه بعد ذلك إلى القطر المطلوب عندما يكون المعدن ساخنا لينا . ويبين الجزء (ا) القضيب المستدير قبل السحب ، والجزء (ب) الخطوة الأولى عند طرق القضيب

إلى الشكل المربع ، وهذا الأخير يطرق إلى الشكل المثمن كما فى الجزء (ج) ، وأخيرا يظهر فى الجزء (د) القضيب بعد السحب وإعاده مقطعه إلى الشكل المستدير .



شكل (١٢) سحب عمود مستدير المقطع ويصغر قطره

ويبين الجزء (ا) والجزء (ب) من شكل (١٣) الطريقة الصحيحة والطريقة الخاطئة عند تشغيل قضيب بالحدادة . فاذا طرق القضيب الأصلى إلى الشكل النهائى المستدير دون تشكيله أولا إلى الشكل المربع ، يحتمل أن ينشق المعدن المسخن عند منتصفه تحت تأثير ضربات المطرقة . ويوضح اتجاه الأسهم عند الجزء (جـ) تأثير الضربات التى تقع على القضيب ، إذ ينحصر المعدن فى هذا الاتجاه ، كما يتمدد فى الاتجاه العمودى المبين بالاسهم عند الجزء (ج) . والأسلوب الفنى الصحيح لحدادة قضيب مستدير موضح فى الجزء (د) .

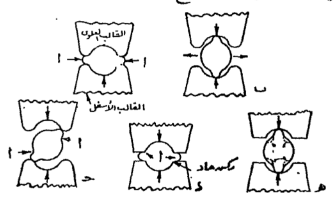


شكل (١٣) الطريقة غير الصحيحة لحدادة معدن مستدير المقطع مبينة فى الأجزاء (ا) و (ب) و (جـ) والطريقة الصحيحة مبينة فى الجزء (د)

من عمليات الحدادة اليدوية الأخرى عملية التبطيط . وهى عبارة عن تشغيل المعدن المسخن بطريقة تؤدى إلى تقصير طوله وزيادة عرضه أو إلى الاثنين معا . وتتبع عدة طرق لتبطيط المعدن المسخن ، وتنتخب منها أنسب طريقة فى كل حالة ، تبعا لجرم الجزء وشكله . وإذا كان المطلوب « تبطيط » أجزاء قصيرة ، يوضع المعدن المسخن عادة على إحدى نهايتيه فوق السندال ، ويطرق الطرف العلوى فى الاتجاه الأسفل . فاذا لم يبق الجزء فى وضع عمودى ، ينحنى ، فاذا حدث ذلك ،

يلزم استعدال المعدن قبل مواصلة عملية التبطيط. وإذا طلب « تبطيط » أجزاء طويلة، تطوح ذهابا وإيابا فى اتجاه أفقى، ويتم التبطيط بدك نهاية « القطعة » على السندال.

وتستخدم عملية لف وتدوير المقاطع — وهى عملية من عمليات الحدادة — لتدوير المطروقات المطلوب تشكيل بعض أجزائها بدقة وبنعومة فى سطحها، أو عندما يطلب استدقاق (عمل سلبية) فى القضبان. أما إذا لم تكن الدقة مطلوبة، فتجرى عملية لف أو تدوير المطروقات باليد، باستعمال الآلات والعدد اليدوية العادية. فاذا لزمت الدقة فى تشغيل الاجزاء التى مقاطعها كبيرة، تستعمل قوالب أسطوانية الوجه، بسيطة لهذه العملية، فيثبت أحد جزئى القالب الأسطوانى فى الأسفل فى السندال، ويثبت الجزء الآخر العلوى فى رأس المطرقة الميكانيكية. ويبين شكل (١٤) قالب تدوير بسيط لتدوير مقاطع المطروقات مكونا من جزئين. والقالب المبين فى الجزء (ا) والجزء (ب) أطرافه غير حادة، وهذا لازم حتى لا يتسبب من الضغط بها على المعدن، زوايا حادة فى المعدن المسخن، كما هو مبين فى الجزء (د). وبذلك ينتهى الشكل كما هو مبين فى الجزء (هـ). والقالب المبين فى الجزء (جـ) له زوايا مستديرة، ولكن طريقة وضع الجزء داخل القالب خاطئة.



شكل (١٤) قوالب لف وتدوير الحدادة وطرق تدوير مقطع المعدن الصحيحة والخطأ

لحساب كمية المعدن المراد تشغيله بالحدادة إلى جزء بشكل معين، يصح إهمال أى تغيير فى وزن المعدن النوعى لأنه صغير جدا. ولهذا يعتبر حجم المعدن قبل

عملية الحدادة مساويا لحجمه بعد الحدادة . ويحدد هذا الحجم قبل إجراء عملية الحدادة بالطرق الحسابية .

مثال : قضيب من الصلب قطره (٣ بوصات) سخن ثم أجريت عليه عملية التبطيط ، فأصبح قرصا مستديرا قطره (٨ بوصات) . فما طول القضيب الخام قبل الحدادة ؟

الحل : يقدر حجم القرص (وهو عبارة عن مساحة القاعد × الارتفاع)

حيث مساحة القاعدة م = ط نق^{٢} ، حيث م = مساحة المقطع

، ط = ٣,١٤١٦ ، نق = نصف القطر

م = ٣,١٤١٦ × ٤^{٢}

∴ م = ٣,١٤١٦ × ١٦

∴ م = ٥٠,٢٧ بوصة مربعة

وبما أن الارتفاع = ٢ بوصة فيكون حجم القرص

= ٥٠,٢٧ × ٢ = ١٠٠,٥٤ بوصة مكعبة.

ثم يقدر حجم جزء من القضيب بطول بوصة واحدة .

م = ٣,١٤١٦ × ١,٥^{٢}

م = ٣,١٤١٦ × ٢,٢٥

م = ٧,٠٧ بوصات مربعة

حجم جزء من القضيب طوله ١ بوصة = ٧,٠٧ × ١ = ٧,٠٧ بوصات مكعبة . ويقسم العدد ١٠٠,٥٤ على العدد ٧,٠٧ يكون الناتج هو طول القضيب المطلوب الذى قطره ٣ والذى يلزم لتشغيل القرص .

إذن ١٠٠,٥٤ ÷ ٧,٠٧ = ١٤,٢٢ بوصة .

ويمكن تقريب الطول حتى يساوى ١٤,٢٥ بوصة .

قلما يمكن تشغيل أجزاء متشابهة تمام المشابهة بطريقة الحدادة اليدوية لعدة عوامل . والعامل الرئيسى هو أن عمليات الحدادة اليدوية تتم دون استعمال قوالب .

وإذا ما استعملت القوالب فى بعض الأحيان ، تكون بأشكال بسيطة ورخيصة ، تصنع دون دقة كبيرة . ووصف القوالب المستعملة فى الحدادة اليدوية بالتفصيل موضح فى الباب الثالث عشر . ويتسبب فى تعذر الحصول على أحجام ثابتة للمنتجات المشغلة بالحدادة اليدوية عامل آخر، وهو أنه كثيرا ما يفضل ترك تفاوت مناسب لمواجهة ظروف معينة فى أثناء عملية الحدادة . وسواء أكان التشغيل بالحدادة اليدوية ، أم باستعمال الطرق الميكانيكية ، فإنه يلزم ترك تفاوت مناسب لمواجهة نقص الحجم الناتج من تبريد المعدن فى الهواء بعد الحدادة . فكما أن صانع النماذج يقدر انكماش المصبوبات بعد تجمد المعدن المنصهر فى قوالب الرمل التى تشكل بشكل النموذج ، يقدر الحداد مقدار انكماش المعدن المطروق بعد تبريده . وفى الباب السادس عشر من هذا الكتاب معلومات عن مقادير انكماش المعادن المسخنة .

اللحام بالحدادة اليدوية

عملية اللحام بالحدادة اليدوية بسيطة ، لتوصيل قطعتين من المعدن ، وذلك بتسخينهما إلى درجة حرارة الحدادة ، ثم بالطرق عليهما بعد تجميعهما ، وهذه الطريقة هى الوحيدة المعروفة منذ قرون ، ومازالت تتبع إلى اليوم فى حدود ضيقة ، وذلك عندما تكون طريقة اللحام باليد كافية لأداء الغرض المطلوب . والشرط الأساسى لنجاح عملية اللحام باليد ، هو تسخين المعدن المراد وصله بطريقة مناسبة. ويجب أن يكون التسخين تسخينا نظيفا منتظما متساويا فى موضع تلاصق القطعتين . ويلاحظ أن درجات الحرارة التى تزيد عن الحد ، تسبب احتراق المعدن . ويبين شكل (٩) عينة من الصلب المحروق . أما إذا كانت درجة الحرارة منخفضة، يمتنع تلاصق المعدن . ويقدر عامل اللحام بخبرته درجة الحرارة المناسبة، التى يجب تسخين المعادن إليها قبل طرقها للحام . ولقد بينا فيما سبق فى هذا الباب ألوان الحديد والصلب عن درجات الحرارة المختلفة . ويستحسن فى الأحوال التى لا تعرف نتائجها ، أداء بعض التجارب على عينات صغيرة من المعادن المطلوب لحامها وذلك قبل تنفيذ عملية اللحام المطلوبة .

ويجب قبل إجراء عملية اللحام ،التأكد من خلو سطح المعدن من الشوائب ، كالفضلات وطبقات الأكسيد والزيوت وحبيبات الرمل . وتتأكسد سطوح الحديد والصلب بسرعة كبيرة عند تسخينها ، فتتكون على سطحها طبقة من الأكسيد بسبب ملامستها مع الأكسوجين. وتمنع طبقة أكسيد الحديد هذه المساحات المسخنة من التلاصق بالحدادة . أما إذا سخن المعدن إلى درجة حرارة كافية لصهر طبقته السطحية ، وإذا شكلت المعادن بطريقة صحيحة ، يطرد الطرق بعنف طبقة الأكسيد المنصهرة ، ويحصرها خارج الجزأين المراد لحامهما ، إذ تتلامس أسطح المعدن المسخن النظيفة ويتم تلاصقها .

ويميل البعض إلى رفع درجات حرارة اللحام كثيرا ، ولكن ربما يسبب هذا الارتفاع احتراق المعادن المتلامسة . لذلك تستعمل مساعدات التلحيم ، وهى مواد خاصة تساعد على اللحام بالحدادة . وترش هذه المواد المساعدة على سطح المادة المراد لحامها مباشرة قبل تسخينها إلى درجة حرارة اللحام . ثم يعاد وضع المعادن فى الفرن، ويسخن إلى درجة حرارة اللحام المناسبة . ثم يطرق لعمل اللحام المطلوب . وتساعد المواد المساعدة هذه ، طبقة الأكسيد على الانصهار عند درجة حرارة أقل بكثير من درجة الحرارة التى تجرى عند اللحام دون هذه المواد ، إذ تنصهر فى الحال وتنتشر على سطح المعدن الساخن ، وتكون طبقة واقية تمنع تولد طبقة أكسيد جديدة ، وذلك بعزل الهواء المؤكسد عن سطح المعدن . وتستخدم المواد المساعدة لخفض درجة حرارة انصهار طبقة الأكسيد ، كما تمنع الهواء من ملامسة المعدن الساخن . وليس صحيحا أن المواد المساعدة هى مواد لاصقة .

وتستخدم مواد مساعدة مختلفة تناسب جميع أنواع اللحام بالحدادة . وأكثر المواد المساعدة استخداما ، الرمل والبوراكس . والرمل أنسب المواد المساعدة على عمليات لحام الحديد المطاوع ولحام صلب المكنات . والبوراكس أحسن المواد المساعدة للحام صلب العدة والأشغال الدقيقة ، لأنه ينصهر فى درجة حرارة أقل بكثير من درجة حرارة انصهار الرمل . ومن الواضح أن خاصية الانصهار فى درجات حرارة منخفضة ، تمكن من أداء عملية اللحام فى درجات حرارة منخفضة

وهذا من أنسب الأمور للحام الأجزاء التى تتطلب جودة عالية فى التشغيل . ويستخدم كذلك خليط من البوراكس وكلوريد الأمونيوم مادة مساعدة للحام . وتكون نسب الخلط عادة أربعة أجزاء من البوراكس وجزء واحد من كلوريد الأمونيوم .

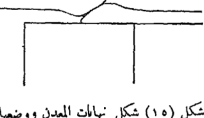
تشكل نهايات الأجزاء المراد لحامها بحيث تتلامس فى منتصف منطقة اللحام فقط ، بحيث لا تتلامس الجوانب . وعند عمل اللحام ، تنطرد طبقة الأكسيد المنصهرة عند أداء عملية اللحام بالطرق . وطريقة اللحام الشائعة لوصل القضبان المسطحة هى طريقة لحام (الشفة على الشفة) . وتشكل نهايات القطع استعداداً للحام بكبسها ، بحيث تصبح أكثر سمكا بالكبس من باقى القضيب . والغرض من هذا التشكيل .

أولا : تعويض الكمية التى قد تحترق وتفقد وتتلاشى لتولد طبقة الأكسيد عليها .

ثانياً : لمواجهة الطرق الشديد اللازم للحام القطعتين .

(ويبين شكل ١٥) شكل النهايات المناسب لذلك ، كما يبين موضعها استعدادا للحامها بالطرق .

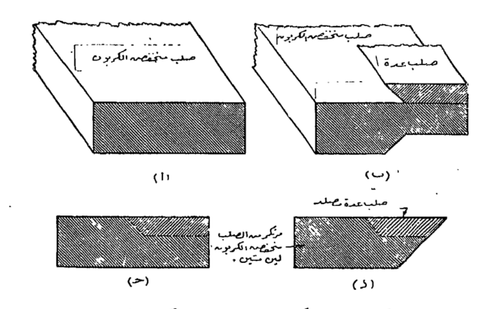
ويجب عند لحام صلب العدة أن يعنى كثيرا بالتسخين قبل التشغيل . ولا يختلف شكل النهايات عن شكلها فى المعادن الأخرى . وفى هذه الحالة يكون العامل المساعد للحام خليطا



شكل (١٥) شكل نهايات المعدن ووضعها استعدادا للحام

من البوراكس وكلوريد الأمونيوم . وفى بعض الحالات يمكن لحام معدنين مختلفين ، واحد مع الآخر ، كما فى حالة صلب العدة الكربونى وصلب العدة السبائكى مع الحديد المطاوع أو الصلب منخفض الكربون . ويلاحظ أن المعدنين الأخيرين

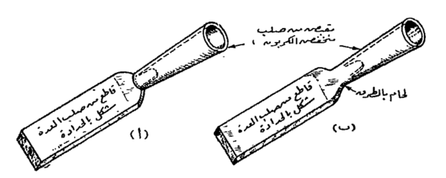
أرخص من سابقيهما . ويمكن استعمال معادن رخيصة التكاليف منخفضة الثمن فى صنع بعض العدد والآلات والأدوات . فيستعمل المعدن الرخيص فى صنع البدن أو المرتكز ، بينما يستخدم المعدن الغالى الثمن فى صنع إحدى القطع وأوجه الآلات ليقاوم تآكل الأحتكاك أثناء الأستعمال . وفى شكل (١٦) توضيح لكيفية لحام معدنين مختلفين عند صنع سكين مكنة (عدتها القاطعة) . والجزء (ا) يبين المرتكز أوالجزء الخلفى الذى يسند السكين ويشكل المرتكز (بزاوية ٤٥ْ)حتى يكون موضعا مناسبا لتواصل صلب العدة ، الذى يشكل بدوره بنفس الزاوية . ويبين الجزء (ب) قطعتين معدنيتين للحام . ويبين الجزء (ج) قطاعا فى العدة بعد لحامها بالطرق . ويبين الجزء (د) قطاعا فى هذه العدة بعد التجليخ .



شكل (١٦) مرتكز من الصلب منخفض الكربون لين متين

ولحام المعادن المختلفة أمر شائع فى صناعة عدد كبير من عدد القطع المستخدمة فى صناعات كثيرة ، مثل السكاكين والأزاميل والأنصلة . ولهذه الطريقة مميزات كثيرة ، منها أنها تخفض من تكاليف الصنع دون نقص فى الجودة . ويعامل جزء العدة القاطع وحده حراريا لتقسيته . ويبقى البدن أو المرتكز لينا مطاوعا ليمكن استعداله فى أثناء إجراء المعاملة الحرارية ، كما أن ليونة هذا البدن ومتانته تزيدان

من قدرة العدة على التحمل . ويبين شكل (١٧) مثالا آخر للحام معدن غالى الثمن مع معدن رخيص الثمن . وهو عبارة عن عدة قاطعة مكونة من جزء قاطع مصنوع من صلب العدة ، ملحوم فى مقبض رخيص التكاليف مصنوع من صلب منخفض الكربون .



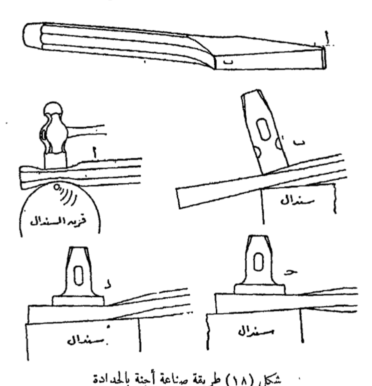
شكل (١٧) أزميل خشابى مكون من نصل للقطع ملحوم فى مقبض

صناعة الآلات القاطعة بالحدادة اليدوية

تصنع فى أكثر الأحيان أقلام المخارط والمقاشط وعددها القاطعة ، وكذلك الأزاميل المختلفة الأنواع التى تستعمل فى تشغيل المعادن والأحجار وغيرها من المواد الأخرى ، وكذلك تصنع الآلات المستعملة فى قطع ونحت الأخشاب بالحدادة اليدوية ، وذلك بطرقها إلى الشكل المطلوب . وبعد تجليخها أوليا تصلّد ثم تراجع فى النهاية لتجلخ بدقة إلى الشكل والحد المطلوبين . والوسائل المستعملة فى صنع هذه العدد والآلات بالحدادة اليدوية ، لا تختلف أساسا عن الطرق التى سبق شرحها . وتسخين المعدن فى الأفران بالطريقة الصحيحة قبل الطرق عليه ، من أهم العناصر لنجاح عمليات الحدادة . فيجب لذلك العناية التامة بضبط درجة حرارة الفرن ، ودرجة حرارة المعدن عند بدايته وعند نهاية عملية الحدادة ، كما يجب استعمال الآلات بالوسائل والطرق الصحيحة ، وبالأخص عند صنع آلات القطع وعدده .

وتستخدم أنواع (رتب) مختلفة من الصلب الكربونى العادى ومن السبائك ،

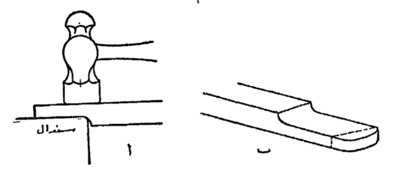
فى صنع الآلات بوسائل الحدادة اليدوية . وتستعمل الآلات المصنوعة من الصلب الـكربونى فى الأعمال البسيطة ، التى لا تقع عند الاستعمال تحت تأثير درجات الحرارة أوالسرع العالية أوغير ذلك ، مما يتلف الصلب الـكربونى . وتـكون نسبة الـكربون عالية حوالى (٩ر٪) فى الأجنات وحوالى (٢ر١٪) فى أقلام المخارط والمقاشط . ولتشكيل أزميل بالحدادة ، يسخن الصلب فى كور أو فرن مناسب ، حتى يصير لونه أصفر ، ثم يطرق إلى الشكل المطلوب ويشطب ، حتى يصبح السطح أملساً ، وذلك قبل هبوط درجة حرارته . وحيث إن أدوات ومعدات الحرارة لتشكيل مثل هذه العدد والآلات ، هي السندال والمطارق على اختلاف أنواعها — كما هو مبين فى شكل (١٨) — لذلك لا غنى عن المهارة والأتقان فى تناول المعدن ، وفى وضعه عند طرقه على السندال . ولهذا يجب أن يكون للصانع خبرة ودراية ومهارة فى تناول المعادن المسخنة لأداء عمليات طرقها وتشغيلها إلى الشكل المطلوب ، وخصوصا عند صنع أنواع من الآلات والعدد الهامة . وشكل (١٨) يبين طريقة صنع أجنة قطعية بالحدادة . ويبين الجزء الأعلى من شكل (١٨) الأجنة بعد صنعها .



شكل (١٨) طريقة صناعة أجنة بالحدادة

وتشمل الخطوة الأولى طرق جزء من المعدن على قرن السندال ، كما هو مبين فى جزء (ا) . وفى جزء (ب) ، جزء (جـ) ، جزء (د) أجزاء أخرى من الأجنة عند تشكيلها بالطرق على سطح السندال .

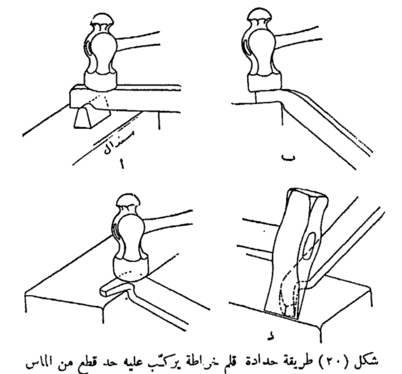
ويبين شكل (١٩) طريقة حدادة قلم خراطة للقطعية . وفى الجزء (ا) طريقة



شكل (١٩) طريقة حدادة قلم قطعية

طرق جزء القلم الرفيع على السندال . ويجب ملاحظة وضع المطرقة بالنسبة للجزء المطروق فى الموضع المبين فى الشكل . ويبين الجزء(ب) شكل العدة النهائى .

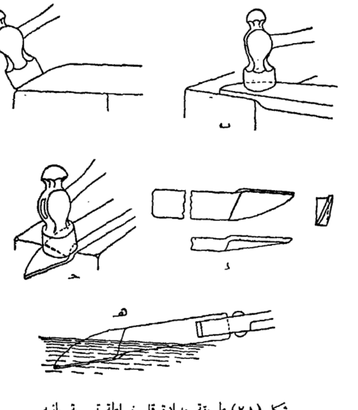
ويبين شكل (٢٠) طريقة التشكيل العام ، وخطوات العمل اللازمة لصنع قلم



شكل (٢٠) طريقة حدادة قلم خراطة يركّب عليه حد قطع من الماس

خراطة بحد قطع مصنوع من الماس . يُطرق المعدن أولا على قاعدة بلص الخصر الملفوف ، بحيث يشكل المعـــدن إلى الثلثين كما هو مبين فى الجزء (ا) . ويمكن استخدام حرف السندال المســـتدير ، بدلا من البلص الملفوف. ثم يشكل الطرف كما هو مبين فى الجزء (ب) ، ثم يثنى المعدن كما فى الجزء (حـ) ، ويشغل جانبا القلم حتى يتشكل حسب الطلب والحجم . وفى النهاية يوضع طرف القلم على سطح السندال ، ويقطع الطرف إلى الطول المطلوب باستخدام مقطع على الساخن .

ويبين شكل (٢١) طريقة حدادة قلم خراطة تسوية جانبية . وتبدأ العملية بسحب طرف المعدن كما هو مبين فى الجزء (ا) . ثم يطرق الطرف عند ركن السندال ، بحيث يمكن سحبه حتى يصغر ، بحيث لا تلمس المطرقة السندال . ثم ينقل المعدن إلى قرن السندال لتشكيل طرف القطع أو لترفيع المعدن من ناحية واحدة . ويبين الجزء (ب) كيف يمتد سطح المطرقة خارج حافة السندال ، حتى يكون الامتداد



شكل (٢١) طريقة حدادة قلم خراطة تسوية جانبه

فى الجزء من الناحية السفلى . ثم توضع الآلة على السندال كما هو مبين فى الجزء (ج). ثم يشكل جانبها الأعلى لعمل الخلوصى الجانبى ، كما هو مبين فى الجزء (ب) . ويبين الجزء(هـ) كيف تسقى الآلة المشكلة بالحدادة فى الماء أوالزيت ، بعد تسخينها إلى درجة حرارة التقسية . ويمكن تقدير درجة الحرارة هذه من لون المعدن المسخن . ويتراوح اللون بين الأحمر والأحمر الفاتح . ولقد سبق بيان درجات الحرارة التى تقابل الألوان المختلفة للصلب المسخن فى هذا الباب . ويلاحظ أن تسخين القلم ، المشغل ، وتبريده بسرعة ، يقسّيه ويصلده لذلك يسخن بعد ذلك مرة أخرى إلى درجة حرارة أقل من درجة حرارة التقسية ، ثم يبرد إلى درجة الحرارة العادية . وتسمى هذه العملية عملية المراجعة . والمراجعة تقلل من صلادة وقساوة القلم ولكن تزيد من متانته ، وتختلف درجة حرارة المراجعة تبعا للمتانة المطلوبة فى الجزء المشغل . وقد تكون درجات حرارة المراجعة هذه منخفضة إلى (٤٠٠°ف) أو تكون عالية تصل إلى (١٢٠٠°ف) أو أكثر .

وتشكل عدد وآلات الإنتاج المطلوب إنتاجها بأعداد كبيرة ، بالحدادة الميكانيكية ، أى بوساطة مطارق ميكانيكية وقوالب تشكيل دقيقة . ويبرر العدد الكبير المطلوب من هذه الآلات والعدد ، استعمال قوالب الحدادة عالية التكاليف . وتصنع عدد الانتاج الكبير وآلات القطع فيه من معادن ذات جودة عالية، تتحمل درجات الحرارة العالية التى تحدث من التشغيل على المكنات ذات السرع العالية، والتى تقاوم التآكل الناتج من الاحتكاك والمؤثرات السيئة الأخرى .

أسئلة للمراجعة

١ — اشرح باختصار عملية الحدادة اليدوية .

٢ — اذكر بعض الآلات والعدد الرئيسية المستعملة فى الحدادة اليدوية .

٣ — اشرح باختصار طريقة استعمال كور الحداد .

٤ — بين بالرسم طريقة سحب قطعة بسيطة على قرن السندال .

٥ — ارسم خطوات العمل المتلاحقة فى سحب قضيب مقطعه دائرى من قطر كبير إلى قطر أصغر .

٦ — وضح بالرسم طريقة الحدادة الصحيحة والخاطئة عند تشكيل قطعة مقطعها دائرى .

٧ — اشرح طريقة التشكيل بالكبس بالحدادة .

٨ — اشرح طريقة تدوير المقاطع بالحدادة .

٩ — قدر بالحساب طول قضيب من الصلب قطره (٢,٥ بوصة) ، سخن وأجريت عليه عملية الكبس إلى قرص دائرى قطره (٦,٢٥ بوصة وسمكه ١⅞ بوصة) .

١٠ — اشرح باختصار طريقة اللحام بالحدادة اليدوية .

١١ — ما هى درجة الحرارة المناسبة للحام قطعة من الصلب بالحدادة اليدوية ؟

١٢ — اذكر بعض أنواع مواد التلحيم المساعدة فى لحام الصلب ، واذكر فائدة استخدام كل منها .

١٣ — وضح بالرسم عملية التشكيل التى تجرى على نهايتى قطعتين من الصلب استعدادا للحامهما واحدة مع الأخرى .

١٤ — ارسم رسما مبسطا لطريقة اللحام بالمطرقة المستخدمة فى لحام عدة قاطعة من صلب العدة فى مقبض من صلب منخفض الكربون .

١٥ — اشرح كيفية صنع كميات كبيرة من عدد وآلات القطع .

الباب الرابع

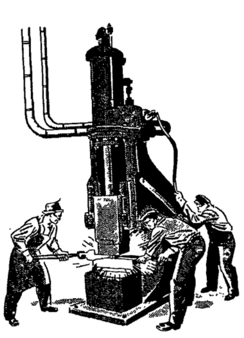
الحدادة بالمطارق الميكانيكية

طريقة الحدادة

حلت الحدادة بالمطارق الميكانيكية محل الحدادة اليدوية فى تشغيل وتشكيل المعادن ، وخاصة الصلب الذى يحتاج إلى طاقة كبيرة عند تشكيله . وللمطارق الميكانيكية فائدة خاصة فى تشكيل قطع الصلب التى تحتاج إلى إنقاص كبير فى مقطعها ، سواء صحب هذا الانقاص تغيير فى شكل المقطع أم ظل على نفس الشكل . والحدادة بالمطارق الميكانيكية تشبه تماما طريقة الحدادة اليدوية ، إلا أن المكنات المستخدمة تدار ميكانيكيا بوساطة سير ، أو تدار مباشرة باستخدام الهواء أو البخار . وتستعمل قوالب تشكيل بسيطة مسطحة قليلة التكاليف ، لتسهيل عملية الحدادة . ويستعمل قالبان يركب أحدهما فى الجزء المتحرك من المطرقة أو (رأسها) ، ويثبت الآخر فى سندال المطرقة التى يحدث الطرق عليه .

وتتلخص طريقة الحدادة السابقة ، فى تشغيل الصلب على الساخن ، وطرقه بين القالبين المسطحين . وتعتمد دقة تشكيل الجزء بهذه الحدادة ، على مهارة العامل الحداد ، وعلى قدرته على تناول المعدن المسخن لانتاج الشكل المطلوب فى أقصر وقت قبل انخفاض درجة حرارته . ويلاحظ أن الجزء المشغل بالحدادة ، يشكل باستخدام آلات يدوية مناسبة ، عندما يكون التشكيل بسيطا غير معقد . ولكن أكثر عمليات التشكيل تتم بالحدادة اليدوية التى يؤديها حداد ماهر . وتنتج الأجزاء المصنوعة بالحدادة فى هذه العمليات بمقاسات تقريبية ، وتستخدم مكنات التشغيل للتشطيب النهائى عندما تلزم الدقة .

وطريقة الحدادة السابقة مناسبة للانتاج المحدود ، حيث يمكن إتمام شكل المنتج النهائى وحجمه المطلوب باستخدام مكنات التشغيل ومكنات التجليخ . ومن المستحسن اتباع هذه الطريقة عندما تكون أحجام الأجزاء المطلوبة كبيرة ، أو تكون غير منتظمة شكلا ، ولا يمكن إنتاجها بطرق الحدادة الحديثة باستعمال قوالب التشكيل المقفلة الدقيقة . وتتراوح أوزان منتجات الحدادة الميكانيكية بالمطارق الميكانيكية ، فيما بين أجزاء تزن أقل من رطل ، إلى مشغولات كبيرة قد يتجاوز وزنها (٢٠٠ طن) . وتشغل المطروقات عموما على مطارق الحدادة البخارية ذات الهيكل المفتوح . أما المكابس الأيدرولية فتستخدم فى تشغيل المنتجات الكبيرة . ويستخدم بعض الصناع عدد ومعدات صغيرة تسمى (مطارق يدوية) لانتاج بعض المطروقات الصغيرة البسيطة . ويبين شكل (١) مطرقة ميكانيكية ذات هيكل مفتوح ، تستعمل القوالب المسطحة وتعمل بالبخار .


شكل (١) مطرقة ذات هيكل مفتوح تستخدم قوالب مسطحة

وتصنع بعض المطارق بهيكل مزدوج لاستخدامها فى تشكيل الأجزاء الثقيلة . ويجد بعض كبار المنتجين فائدة فى استخدام جميع أنواع المطارق ، فى عمليات التشكيل المبدئية للمطروقات، قبل تحويلها إلى الشكل النهائى فى قوالب التشكيل المقفلة . كما عرفت فائدتها فى إنتاج الأجزاء الصغيرة ، مثل الأعمـــدة البسيطة أو الحلقات ، التى تحتاج إلى عمليات تشغيل تالية على مكنات التشغيل ومكنات التجليخ لتشطيبها حسب المواصفات .

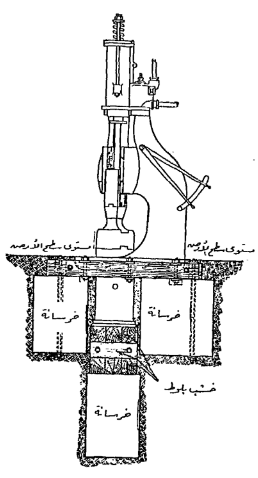
المطارق البخارية

تعمل المطارق البخارية بنظرية المحرك البخارى ، كما هو مبين فى شكل (١) . وتشمل أجزاء المطرقة الرئيسية هيكلا متينا ، وأسطوانة للبخار ، ومكبسا وعمود مكبس . وتثبت المطرقة فى عمود المكبس فترفع بادخال البخار من أسفلها . ثم تتساقط المطرقة إلى أسفل باخراج البخار من أسفل المكبس وإدخاله مرة أخرى أعلاه . وتزيد سرعة المطرقة عند السقوط بفعل الجاذبية الأرضية وبضغط البخار على المكبس معا . ويكون ضغط البخار حوالى ١٢٥,٧٥ رطلا على البوصة المربعة) . ويمكن التحكم فى ضربات المطرقة بحيث تعمل بضربات شديدة أو بدقات خفيفة ، وذلك بادخال البخار من أسفل المكبس فى أثناء سقوط المطرقة ، فتمتص الوسادة المكونة من هذا البخار طاقة رأس المطرقة المتساقطة .

وتصنع المطارق الميكانيكية بأحجام مختلفة ، ويتحدد ثقلها بوزن الأجزاء التى تسقط بتساقط المكبس . وهذه الأجزاء هي المكبس والحلقات والعمود والمطرقة وجزء القالب العلوى . ويتراوح وزن المطرقة فيما بين (٢٠٠ رطل و ٥٠ طنا) حسب حجم ونوع الصلب المطلوب طرقه . ويمكن عمل تقدير سريع لوزن المطرقة فى هذا النوع من المطارق ، باعتبار أن أقل ثقل يؤثر على شكل المعدن يعادل (٥٠ رطلا على كل بوصة مربعة) فى مقطع الجزء المراد حدادته . فمثلا إذا كان مقطع عمود من الصلب (٥ × ٧ بوصات) يكون أقل وزن للطرقة المطلوبة ، لتشكيل هذا المعدن هو (٥٠ × ٥ × ٧ = ١٧٥٠ رطلا) . وتستعمل طريقة الحساب السالفة الذكر لتقدير الوزن التقريبى للأوزان المتساقطة فى هذا النوع من الحدادة فقط . أما عملية حساب الأوزان المتساقطة على الحدادة باستخدام قوالب التشكيل المقفلة ، فانها أكثر تعقيدا من ذلك .

وتسمى المطرقة البخارية ذات الهيكل المفتوح المبين فى شكل (١) مطرقة بعقد واحد ، وتثبت أسطوانتها فى هيكل على شكل نصف عقد . وقد ذكرنا

فيما سبق أن هذا النوع من المطارق هو أكثرها استعمالا فى الحدادة الميكانيكية. ويجب أن يكون للمطرقة البخارية أساس متين مثبت فى الأرض إلى عمق كبير، إذ أن رد فعل المطرقة تمتصه مكنة الطرق وأساسها. ويلزم فى بعض الأحيان إرساء أساسات المطارق الكبيرة على فرش صخرى. ويبين شكل (٢) أساس الهيكل والسندال فى مطرقة بخارية هيكلها مفرد. وتحمل المطرقة ذات الهيكل المفرد دعامتان، بينما يرتكز السندال على دعامة ثالثة منفصلة.



شكل (٢) أساس الهيكل والسندال فى مطرقة بخارية بهيكل مفرد

والمطارق الصغيرة لها سندال وهيكل مصبوبان فى وحدة واحدة، ولكن المطارق الكبيرة لها سندال منفصل، يصنع من الحديد المسبوك (الزهر)، ويرتكز على أساس عميق منفصل. والهيكل مصنوع من سبيكة من الحديد المسبوك (الزهر). وتصنع أجزاؤها المتحركة مثل عمود المكبس من الصلب السبائكى، ويكون السندال عادة أثقل ٢٠ مرة من وزن الأجزاء المتساقطة. فمثلا مطرقة وزنها ١٢٠٠٠ رطل يكون سندالها مناسبا إذا كان وزنه ٢٤٠٠٠٠ رطل.

وتصنع قوالب التشغيل بالمطارق البخارية من أنواع خاصة من الصلب السبائكى، ويقاوم هذا النوع من الصلب تأثير درجات الحرارة العالية التى تسخن إليها المطروقات التى تشغل بالحدادة. كما يقاوم هذا الصلب الضربات والصدمات

العنيفة التى تحدث بين المطرقة والسندال . وتشكل هذه القوالب على مكنات التشغيل ، ثم تصلد وبعد ذلك تجلخ إلى مقاساتها النهائية بدقة .

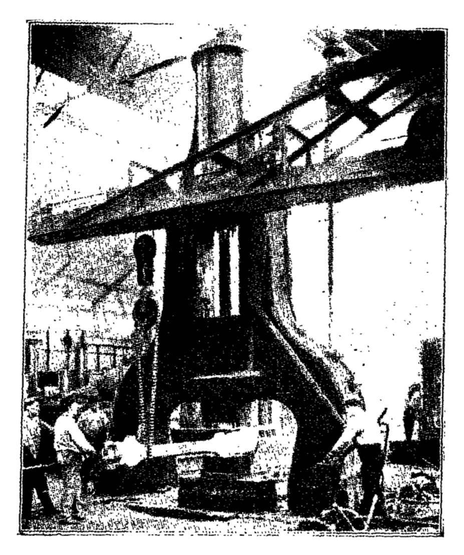
وتستخدم المطارق البخارية الصغيرة بنجاح فى تشغيل أشكال مختلفة من المطروقات . وهذه المطارق الصغيرة مناسبة جدا لتشكيل آلات القطع والتشكيل وأدواتها ، وكذلك للحام وآلات القطع وما يشابهها . ويناسب الطرق بالمطارق البخارية الكبيرة ، أشغال الحدادة الثقيلة لتشكيل قطع الصلب السبائكى ، وكتل صلب العدة ، إلى قضبان وشبقات تمهيدا لدرفلتها أو تشكيلها بالمطارق المتساقطة . وتشغل بالمطارق البخارية الكبيرة . أجزاء المدافع ، وكذلك أعمدة مرفق محركات الديزل ، وأعمدة التوصيل الكبيرة وغير ذلك من الأجزاء الأخرى الثقيلة والكبيرة ويبين شكل (٣) مطرقة بخارية بهيكل مزدوج فى أثناء التشغيل بها ، ويلاحظ أن أسطوانة البخار فى هذه المكنة ، مثبتة فى وضع يجعلها فى محور عقد كامل .

المطارق التى تعمل بالهواء المضغوط

ويستخدم الهواء المضغوط بدلا من البخار فى تحريك المطارق الصغيرة . ويتراوح ضغط الهواء المضغوط المستعمل فى إدارة هذه المطارق بين ١٠٠ و ١١٠ أرطال على البوصة المربعة . ولاستعمال المطارق التى تعمل بالهواء المضغوط مزايا أكثر من مزايا استخدام المطارق البخارية ، وتتلخص هذه المزايا فيما يلى :

١ — لا تتساقط نقط المياه على القوالب المصنوعة من الصلب وغيرها والأجزاء الهامة الأخرى ، لأن تساقط المياه على الصلب يشدخه ، وذلك زيادة عن أضرار عديدة أخرى .

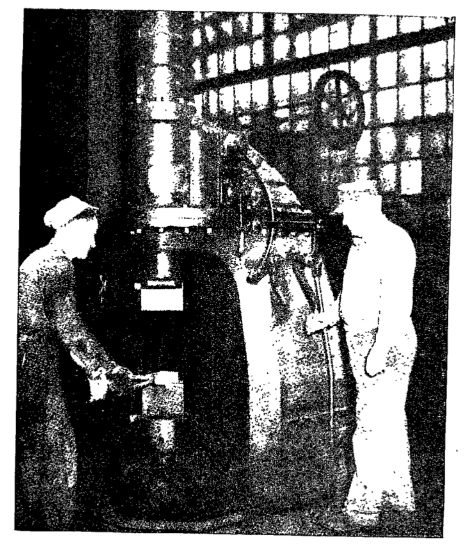
٢ — لا يلزم المطارق التى تحرك بالهواء المضغوط تغيير حشوات التسرب (الجلاندات) فى حين أن ذلك لازم فى حالة المطارق البخارية التى لا يمكن استعمالها فترات زمنية طويلة ،دون استبدال هذه (الجلاندات) . وهذه عملية تكاليفها عالية .



شكل (٣) مطرقة بخارية بهيكل مزدوج

٣ — المطارق التى تستعمل منفردة ، وتعمل بالهواء المضغوط ، يمكن تشغيلها وحدها منفردة ومنفصلة عن باقى المطارق والمعدات المشتركة بينها . ويصنع كثير من هذه المكنات المنفردة بحيث تكون المطرقة ومكبس الهواء فى وحدة واحدة ، وتعمل هذه الوحدة مستقلة دون الحاجة إلى غيرها من المكنات .

ويبين شكل (٤) مطرقة تعمل بالهواء المضغوط ، بمحرك كهربى فى أثناء التشغيل. وهيكل هذه المطرقة متناسب ، ويتسع بالتدريج من مكان الأسطوانة من أعلى إلى القاعدة فى أسفل المطرقة . وتصب القاعدة عادة مع الهيكل .



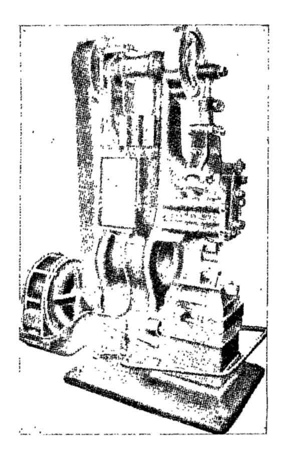
شكل (٤) مطرقة تعمل بالهواء المضغوط أثناء التشغيل بمحرك كهربى

وهذا التصميم يزيد فى جسوء المطرقة ، كما أن الأجزاء المتحركة التى منها المحرك مثبتة فى الهيكل . وهذه المطرقة مصممة فى وحدة واحدة تشتمل على المطرقة ومكبس الهواء معا . ويكون الهواء الذى يدخل هذه المطرقة فى نفس درجة حرارة الهواء الذى فى المكبس ، وبذلك يكون تمدد الهواء أقرب ما يمكن للتمدد المثالى وهكذا تنتقل كل الطاقة المولدة فى المكبس تقريبا .

المطارق الميكانيكية الصغيرة

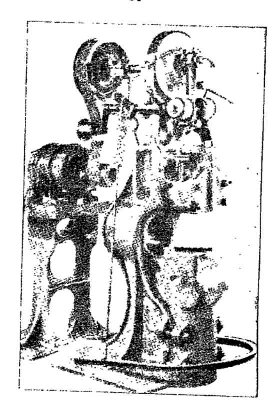
تصمم المطارق الميكانيكية الصغيرة لأعمال الحدادة الخفيفة . وهذه المطارق

بأنواع مختلفة ، ولكن معظمها يعمل ميكانيكيا . ويبين شكل (٥) مطرقة ميكانيكية صغيرة تعمل بوساطة مرفق (كرانك) يمكن ضبطه وعمود موصل ، متصل بالمرفق (بالكرانك) الذى ينقل الحركة إلى رأس المطرقة . ويستعمل زمبرك لولبى ثقيل ، لتصبح طرقاتها مرنة تمنع انكسار المطرقة ، كما تمنع تولد الصدمات الثقيلة فى المطرقة .



شكل (٥) مطرقة ميكانيكية صغيرة

ويبين شكل (٦) مطرقة ميكانيكية من نوع آخر ، بنيتها صغيرة تشغل مساحة قليلة . ويثبت المحرك عادة فى قاعدة منفصلة ، فلا تتأثر باهتزازات المطرقة، وكذلك لا تتأثر الأجزاء الكهربية وتتوافر لها السلامة خلال أطول مدة ممكنة. وتكون ضربات المطرقة قوية ومرنة إذا صممت الأجزاء المتحركة بدقة. هذا وتستعمل وسادات من الكاوتشوك لتمنع الارتجاج العنيف والصدمات المفاجئة فيقل التآكل فيها . ولتصميم هذا النوع من المكنات ميزة أخرى هامة . فاستبدال الزنبركات المصنوعة من الصلب ، بوسادات من الكاوتشوك يقلل احتمال حدوث إصابات من الأجزاء التى عساها أن تتطاير فى أثناء الطرق على المعدن . وتحرك هذه المطرقة بتوصيل رأسها بالمرفق أو بالكرانك. ويمكن التحكم فى طول مشوارها بتغيير وضع محور المرفق (الكرانك) فى مشقبيته، التى فى عجلة التوازن كما هو مبين فى الشكل . وبتغيير وضع هذا المحور ، يطول المشوار أو يقصر حسب الطلب .

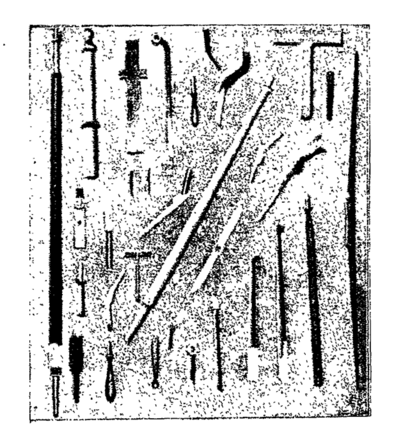


شكل (٦) مطرقة ميكانيكية بنيتها صغيرة

وفى بعض الأحيان يلزم التشغيل طرقات قصيرة سريعة ، بينما فى أحيان أخرى يلزم طرقات طويلة المشوار . ويبين شكل (٧) بعض الأشكال التى يمكن إنتاجها بالحدادة على مطارق ميكانيكية صغيرة .

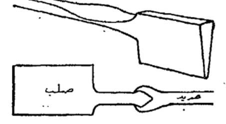
عدد وأدوات المطارق الميكانيكية

تعتمد جودة نتائج الحدادة الميكانيكية كثيرا على العدد والأدوات المستخدمة . ويبين شكل (٨) مقطعا على الساخن ، يستخدم مع المطارق الميكانيكية . وفى بعض الأحيان يصنع المقبض والحد القاطع من قطعة واحدة من صلب العدة ، كما هو مبين فى الشكل . وأحيانا يصنع الحد القاطع من صلب العدة ، ويلحم فى يد من الحديد ، كما هو مبين فى الشكل . ويجب أن يقلل مقطع اليد بالقرب من الحد القاطع ليصبح مرنا حتى يطاوع قليلا عند الطرق على المقطع بالمطرقة .

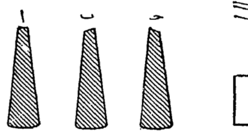


شكل (٧) بعض الأشكال التى يمكن إنتاجها بالحدادة على مطارق ميكانيكية صغيرة

يجب أن يشكل الحد القاطع فى آلة القطع ، بحيث يتناسب مع العملية التى ستستخدم فيها . ويجب أن يكون طرف الحد القاطع مستويا غير مستدير ، كما هو مبين فى (ا) من شكل (٩). وفى بعض الأحيان يمكن أن يكون الطرف منحرفا قليلا ، كما هو مبين فى الجزء (ب) والجزء (جـ) من شكل (٩) .

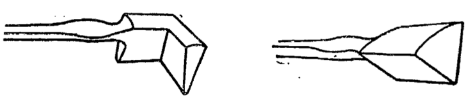


شكل (٨) مقطع على الساخن



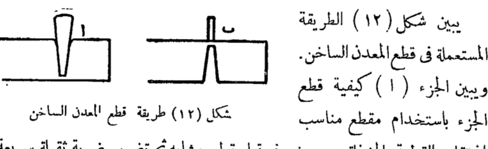
شكل (٩) أشكال الحد القاطع فى عدد القطع

ويبين شكل (١٠) مقطعاً على البارد ، يستخدم فى قطع أو حز قضبان غير مسخنة . ويصنع المقطع بارتفاع أقل من عرضه ، وبهذا يصبح للمقطع قوة تقاوم الضربات الثقيلة فى أثناء عملية الحدادة .



شكل (١٠) مقطع على البارد — شكل (١١) مقطع مصمم لقطع الأركان

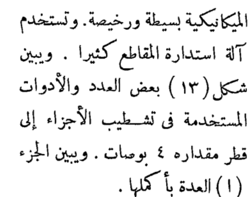
ويبين شكل (١١) مقطعا مصمما بقطع الأركان ، وهناك عدد مشابهة يمكن استعمالها فى الأشكال المنحنية أو الأشكال غير المنتظمة .

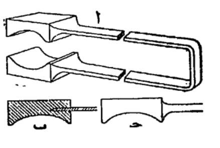


شكل (١٢) طريقة قطع المعدن الساخن

يبين شكل (١٢) الطريقة المستعملة فى قطع المعدن الساخن. ويبين الجزء (ا) كيفية قطع الجزء باستخدام مقطع مناسب إذ تقلب القطعة المشغلة ، ويوضع فوقها مقطع مشابه ثم تضرب ضربة ثقيلة سريعة على المقطع ، لقطع الجزء الرفيع من المعدن ، كما هو مبين فى الجزء (ب) . وبهذه الطريقة تصبح كل من النهايتين نظيفة ناعمة .

والعدد والأدوات المستعملة فى تشكيل المعادن باستخدام المطارق الميكانيكية بسيطة ورخيصة. وتستخدم آلة استدارة المقاطع كثيرا . ويبين شكل (١٣) بعض العدد والأدوات المستخدمة فى تشطيب الأجزاء إلى قطر مقداره ٤ بوصات . ويبين الجزء (ا) العدة بأكملها .

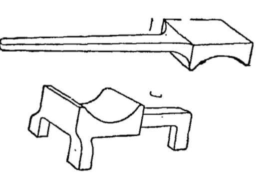




شكل (١٣) عدة تدوير المقاطع تستعمل فى التشغيل بالمطارق الميكانيكية

وتصنع أيدى هذه العدد من سيقان مرنة مصنوعة من قطعة واحدة مع قوالب التشكيل ، كما هو مبين فى الجزء (جـ) ، أو من جزء يثبت من الداخل فى القالب كما هو مبين فى الجزء (ب) ، وتسمى هذه العدد والأدوات عدد وأدوات بأيد مرنة .

ويبين شكل (١٤) تصميما آخر لعدد وأدوات تستدير المقاطع بها . ويبين الجزء (١) جزءها العلوى ، وفى (ب) جزءها الأسفل . وتثبت عدد استدارة المقطع هذا فى سندال له ثقب مربع على سطحه .



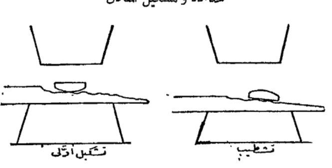
شكل (١٤) عدد تدوير المقاطع تستخدم فوق السندال

فيدخل الجزء فى الثقب ، بينما يرتكز الجزآن البارزان الآخران على سطح رأس السندال .

ويبين شكل (١٥) عدة استدراة المقاطع (بلص ملفوف) ، يستخدم مع المطارق الميكانيكية لتشكيل المقاطع المستدقة (المسلوبة) . ولما كان سطح السندال وسطح قالب المطرقة متوازيين ومستويين ، يجب استعمال عدد وأدوات كالمبينة فى الشكل لتشطيب القطع التى لها سطوح فى مستويات مائلة.

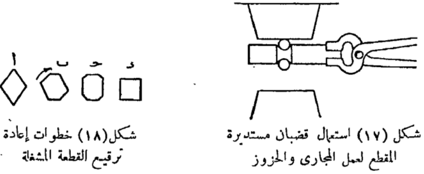
شكل (١٥) أداة تشكيل تستعمل مع المطارق الميكانيكية لتشكيل الأسطح المائلة

ويبين شكل (١٦) طريقة تشكيل الأسطح المائلة ، باستعمال عدد وأدوات تناسب الحال . وتستخدم أداة التشكيل وسطحها المستدير متجها إلى أسفل فى عمليات التشكيل الأولية . وعند التشطيب يجب أن يكون سطحه المستوى متجها إلى أسفل . وسواء أكان الطرق باليد ، أم بوساطة مطرقة ميكانيكية ، فان استخدام هذه الأداة يحتاج إلى مهارة يدوية كبيرة .



شكل (١٦) طريقة تشكيل الأسطح المائلة

ويبين شكل (١٧) طريقة استعمال قضبان مستديرة المقطع لعمل مجار أوحزوز فى القطع المشغلة بالمطارق البخارية . وتستعمل هذه الأدوات بدلا من آلات التشكيل المألوفة ، لأن شكلها أنسب لعمل المجارى فى القطع المشكلة بالحدادة اليدوية. ويستعمل قضيب واحد ، إذا كان المجرى المطلوب فى ناحية واحدة . ولوضع الأداة فى المكان المضبوط بالنسبة للقطعة السفلى قبل الطرق أهمية كبيرة . ويبدأ التشغيل بطرقات خفيفة من المطرقة ، حتى يمكن للأداة الارتكاز على القطعة ارتكازا تاما ، ثم يوالى الطرق المتصل لإتمام العمل المطلوب .



شكل (١٧) استعمال قضبان مستديرة المقطع لعمل المجارى والحزوز

شكل (١٨) خطوات إعادة ترقيم القطعة المشغلة

ويبين شكل (١٨) خطوات العمل لإعادة المقطع المربع للمنتج . ويلزم إجراء هذه العملية ، عندما ينحرف الجزء إلى جانب من الجوانب ، أو يحدث فيه أى تغيير مخالف للشكل المطلوب ، كما هو مبين فى الجزء (ا) . ويصحح هذا الخطأ بوضع القضيب المعوج تحت المطرقة ، ويشكل كما هو مبين في الجزء (ب) . ثم يدار الجزء فى الاتجاه المبين بالسهم حتى يصبح مطابقا للشكل (ج) . ثم يشكل القضيب إلى الشكل المبين فى الجزء (د) وهو الشكل النهائى المطلوب .

أسئلة للمراجعة

١ — أشرح بإيجاز طريقة الحدادة اليدوية .

٢ — ما هي القوالب البسيطة المسطحة ؟

٣ — أشرح عمل المطارق البخارية .

٤ — أوجد وزن المطرقة البخارية ، التى تناسب تشكيل معدن يلزمه (٥٠ رطلا) على البوصة المربعة ، من مقطعه الذى يساوى (٦ً × ٨ً) إذا استعملت قوالب مسطحة فى تشكيله .

٥ — أوجد وزن السندال فى مطرقة بخارية مقدرتها ١٠٠٠٠ رطل .

٦ — أشرح بإيجاز طريقة عمل المطرقة التى تعمل بالهواء المضغوط.

٧ — ما هى الميزات الأساسية فى استعمال المطارق التى تعمل بالهواء ، بدلا من استعمال المطارق البخارية ؟

٨ — أشرح طريقة عمل مطرقة ميكانيكية صغيرة .

٩ — أذكر بعض أسماء الأدوات والعدد المستعملة مع المطارق الميكانيكية .

١٠ — أرسم مجموعة من الأدوات التى تستعمل فى المطارق الميكانيكية لاستدارة المقاطع .

١١ — بين بالرسم طريقة استعمال قضيب مستدير المقطع فى عمل مجار أو حزوز فى قطعة ما باستعمال المطارق البخارية .

١٢ — بين بالرسم طريقة استعادة تربيع المقطع فى قطعة تحت التشغيل، حدث فيها اعوجاج أثناء عملية الحدادة .

الباب الخامس

الحدادة بالطرق المتساقط

أساليب الحدادة بالطرق المتساقط

تجرى عملية الحدادة بهـذه الوسائل ، بطرق قضبان أو كتل من الصلب أو من معادن أخرى ، بعد تسخينها بين قوالب تشكيل من النوع المقفل . ويشكل المعدن بهذه الطريقة وهو فى حالته العجينية فى قوالب تشكيل . وهذه مصنوعة بكل دقة ، بمكنات التشغيل والتجليخ . فتخرج الأجزاء المطلوبة من القوالب فى الشكل والحجم والأبعاد المطلوبة . وتدمج ضربات المطرقة المتلاحقة التكوين الحبيبى فى القضيب أو فى الكتلة ، كما تحسن خواص المعدن الفيزيائية . ويظهر هذا التحسن فى المعادن المشغلة بالحدادة ، وخصوصاً الصلب ، الذى يشغل على عدة مراحل حدادة متوالية ، تبدأ بالعمليات الأولية ، وتنتهى بالوصول إلى الشكل النهائى المطلوب فى آخر مرحلة .

وتستخدم وسيلة الحدادة بالطرق المتساقط على قوالب التشكيل ، فى إنتاج أجزاء تتراوح فيما بين وزن أقل من أوقية واحدة ، ومئات من الأرطال . وتشمل المعادن التى يمكن تشكيلها بهذه الوسيلة ، كل أنواع السبائك العجينية من مركبات الحديد والصلب ، وكذلك الصلب السبائكى ، والصلب الذى لا يصدأ ، وكذلك النحاس الأصفر ، والبرنز ، وكثير من سبائك الأليومنيوم والمغنسيوم . كما تشكل قضبان الصلب وكتله بالحدادة إلى أشكال عديدة ، منها أجزاء هامة فى السيارات والطائرات وعربات السكك الحديدية والمحركات وآلات الزراعة ، وغير ذلك من اللوازم المنزلية .

ويمكن حدادة كثير من المعادن بهذه الوسيلة ، إلا أن الصلب من أنسب المعادن، وخصوصا عندما يصبح لدينا (عجينا) إثر رفع درجة حرارته . ويمكن إنتاج كميات كبيرة من الأجزاء المتماثلة بجودة عالية ، على أى شكل يسمح بإخراجها من قوالب التشكيل . وليس من الضرورى فى هذه العملية التقيد بإنتاج عدد كبير من هذه الأجزاء ، إذ يمكن حدادة عدد قليل منها اقتصاديا ، وخصوصا عند ما يقتصر الغرض الأساسى من الحدادة على تحسين الخواص الفيزيائية ويتعداه لغرض تشكيل المنتج أيضاً . لذلك يتراوح عدد المنتجات فيما بين عدد قليل جداً، إلى عدة ملايين من الأجزاء المتماثلة . ولا يمكن حصر أنواع المنتجات المختلفة الحجم والشكل ، التى يمكن إنتاجها بهذه الطريقة . ولا يمكن القطع بأن جزءا ما ، لا يمكن تشكيله بالطرق المتساقط، إلا إذا درست جميع احتمالات ذلك بعناية ودقة . وتتكون المعدات اللازمة لإجراء عملية الحدادة أساسا ،من مطرقة تطرق بالتساقط ، أو من مطرقة تعمل بالبخار ، ومن مجموعة من قوالب التشكيل المجهزة لإنتاج معين . ومن المطارق المتساقطة ، مطرقة تسمى مطرقة بلوح . إذ يثبت رأس المطرقة الذى يحمل جزء قالب التشكيل العلوى فى ألواح من الخشب الصلد ، تمرر بين مجموعات من أسطوانات دوّارة فى الجزء العلوى من المطرقة . وتضغط هذه الأسطوانات على الألواح ، فيرتفع الرأس ومعه جزء قالب التشكيل العلوى إلى أعلى موضع . فاذا فصل العامل الأسطوانات عن اللوح ، يتساقط الرأس بالجاذبية فتحدث الطرقة المطلوبة . وتحدث هذه الطرقة من سقوط الرأس وعليها جزء قالب التشكيل العلوى ، بتأثير الجاذبية الأرضية . فتقع على جزء قالب التشكيل الأسفل الثابت . وفى هذا الباب من الكتاب وصف مفصل للمطرقة ذات اللوح .

ويمكن استعمال هذه الطريقة فى إنتاج أى جزء له أى شكل هندسى يشترط فيه أن يمكن سحبه أو إخراجه من قالب التشكيل . ويمكن تشكيل أى معدن بهذه الوسيلة ، بشرط توافر خاصية اللدونة (المعجونية) والليونة ، سواء أكان

الطرق على البارد أو على الساخن . والصلب المسخن لدرجة اللدونة (المعجونية) ، أكثر المعادن المستخدمة فى الحدادة .

مميزات منتجات الحدادة بالطرق المتساقط على قوالب

يعتمد اختيار طريقة الحدادة بالطرق المتساقط لإنتاج جزء معين ، على واحد أو على عدة عوامل أساسية ، يمكن ترقيمها حسب الترتيب الذى اقترحته شركة .

وهذه العوامل هى :

١ — الحصول على أكبر مقاومة للإجهادات .

٢ — إنقاص وزن الجزء المشطب إلى أدنى حد .

٣ — زيادة المقدرة على تحمل إجهادات غير محسوب لها حساب .

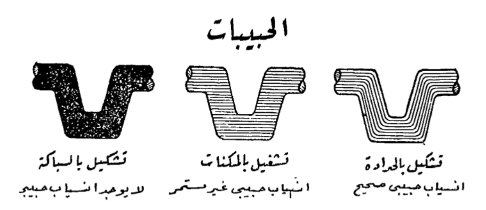
٤ — تقليل كمية التشطيب بالمكنات إلى أدنى الحدود .

٥ — الاقتصاد فى المعدن .

٦ — إقصاء العيوب الداخلية .

إذا اعتبرنا أثر العامل الأول ، فإن الجزء المصنوع بالحدادة بالطرق على قوالب التشكيل ، يصبح أكثر قوة واحتمالا من الجزء المسبوك الذى له نفس المقطع . ولهذا يمكن تصميم الأجزاء المشغلة بهذه الطريقة بمساحات مقطع أقل كثيرا من الطريقة الأخرى . وهذا يقلل من كمية المعدن المطلوبة ، وبذلك تقل تكاليف الإنتاج .

وإذا أخذنا العامل الثانى فى الاعتبار ، نجد أنه إذا قارنا أجزاء مصممة لتتحمل إجهادات معينة ، تشغّل بطرق مختلفة ، فان الأجزاء المشغلة بحدادة الطرق المتساقط، تكون أصغر حجما وأقل وزنا.ومن ثم تتطلب جزء مشغل ، قوة تحمل كبيرة ، مع لزوم خفة وزنه ، فتصبح بذلك طريقة الحدادة المتساقطة أنسب الطرق .



انسياب حبيبي



مقطع في عمود مرفق أظهرت للكشف عن انسياب البنية

شكل (١) مقارنة انسيابات حبيبات البنية

وبالنسبة للعامل الثالث ، ينساب معدن الجزء المصنوع بالحدادة ، وهذا الانسياب يرتب حبيبات البنية ترتيبا مناسبا للمطلوب من الجزء . وترتيب البنية هذا ، أو انسياب الحبيبات ، يتحكم فى كثافة المعدن ، ويرتب مستويات انزلاق الحبيبات ترتيبا يزيد من مقاومتها للإجهادات المفاجئة . وبهذا يمكن لها أن تتحمل أحمالا مفاجئة أعلى بكثير من تلك التى صممت لمواجهتها . ويبين شكل (١) انسياب الحبيبات فى ثلاثة مشغولات متماثلة ، صنعت بثلاث طرق مختلفة : وهى السباكة ، وبالتشغيل على المكنات ، وبالحدادة . ويبين الشكل الأسفل مقطعا فى عمود مرفق (كرنك) ، أظهرت بنيته للكشف عن انسياب البنية فى المادة .

وبالنسبة للعامل الرابع ، بمقارنة جزء شغل بالحدادة ، بجزء آخر مماثل شغل

بالسباكة نرى أنه يمكن إنقاص مقدار التفاوت المسموح به فى الأبعاد أو مقاسات الجزء المشغَّل بالحدادة ، عن مثيله المشغَّل بالسباكة فى قوالب الرمل . وليس من الضرورى ترك أى تسامح فى الأبعاد ،لمواجهة الاعوجاج عند التشغيل بالحدادة ، على عكس الحال فى السباكة . وبهذا تقل كمية المعدن التى يلزم ازالتها بالمكنات ، للوصول إلى الأبعاد النهائية ، التى تجرى من أجلها عمليات التشطيب . مع هذا ، يجب أن يكون مفهوما أن كثيرا من المنتجات ، تشغل بالسباكة فى قوالب من الرمل ، وتكون أكثر اقتصادا منها إذا شغلت بالحدادة المتساقطة ، التى تستلزم استخدام قوالب تشكيل مقفلة . ومثل هذه المنتجات ،لا يلزم فيها خواص فيزيائية تستولد من التشغيل بالحدادة بقوالب التشكيل . وذلك ناشىء من ارتفاع تكاليف المعدات والمكنات والقوالب ، التى تستعمل أساليب الحدادة ، ويستغنى عنها فى عمليات السباكة فى قوالب الرمل . وإذا كان عدد الأجزاء المطلوبة صغيرا ، تصبح عملية السباكة فى الرمل أقل تليفا منها فى التشكيل بالحدادة ، لأن تكاليف المعدات اللازمة للسباكة فى الرمل ، قليلة نسبيا . وهذا الاقتصاد فى تكاليف المعدات ، يعادل ويزيد تكاليف اليد العاملة فى عمليات السباكة فى الرمل وكذلك فى تكاليف التشغيل الإضافى اللازم أداؤه بعد عمليات السباكة .

وبالنسبة للعامل الخامس ، فإن كمية التشغيل بالمكنات التى تلزم لتشطيب الجزء بعد عمليات الحدادة المتساقطة قليلة ، إذا قورنت بمثيلاتها التى تلزم لتشغيل الجزء من خامات مثل الأعمدة والقضبان المعدنية ، أو من مسبوكات شكلت فى الرمل . كما تقل كمية المعدن العادم أو المضيع المزال بالتشغيل المذكور . وزعانف منتجات الحدادة المتساقطة صغيرة ، إذا قورنت بزوائد السباكة ومصباتها . والزعانف هى كمية المعدن التى تخرج بعد تطابق جزئى قالب التشكيل ، بعد امتلاء فراغ القالب ، وتخرج فى شكل زوائد رفيعة .

وبالنسبة للعامل السادس ، فان منتجات الحدادة المتساقطة ، تصنع دائما من قضبان معدنية . وبهذا لا تنتج فى الجزء البخبخة التى توجد كثيرا فى المنتجات

المصبوبة . وتسبب العيوب الداخلية فى المصبوبات رفضها وإرجاعها خردة ، عندما تـكتشف هذه العيوب فى أثناء التشغيل بالمـكنات ، وعندما لا تـكتشف هذه العيوب فى أثناء التشغيل أو التشطيب النهأئى ، فان هذا قد يسبب إنـكسارات متمهلة فى أثناء الاستعمال .

فحص الخامات التى تشغل بالحرارة :

أول خطوة فى تشغيل قطعة بالحدادة المتساقطة ، هو فحص قطعة المعدن التى يقصد تشكيلها بالحدادة ، للتأكد من جودتها . والصلب المخصص للتشغيل فى قوالب التشكيل ، هو أكثر المعادن المستخدمة فى صناعة الحدادة . ويدقق المنتجون عند اختيارهم للصلب الخام اللازم لتشغيل معظم منتجاتهم بالحدادة ، فينتجون أجود الأنواع باختيار نوع راق من الصلب .

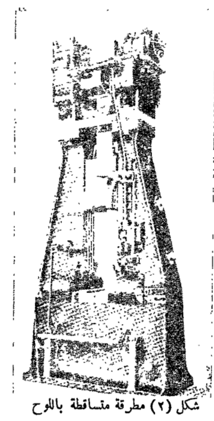
ولا يمكن تبرير تـكاليف تصميم وصناعة قوالب التشكيل بالحدادة ، إلا إذا استخدمت فى تشكيل معادن عالية المرتبة . وتدخل عادة هذه المعادن ، وأهمها الصلب فى قسم الدرفلة فى الهيئة والحجم المناسبين ، وتـكون من كتل صلب عالية المرتبة .

ويجب أن يطابق الصلب مواصفات كيموية وفيزيائية ، تحدد لتناسب الاستعمال الذى سيتعرض له الجزء المشكل بالحدادة . ويلزم عند فحص صلب الحدادة ، التحقق من أن سطحه ممتاز ، وبنيته خالصة وخالية من العيوب . ويشمل هذا الفحص عادة التحليل الـكيموى ، وفحص السطوح واختبارها باظهار بنيتها ، بمعالجتها بحامض ساخن ، وكذلك اختبارات تطبيع الـكبريت واختبارات مقاومة القص ، وغير ذلك من الاختبارات الفيزيائية . ويتوقف بطبيعة الحال ، نوع هذه الاختبارات الـكيموية والفيزيائية ودرجة دقتها وتركيبها ، على نوع التشغيل المطلوب ، وعلى ما سيعرّض له الجزء عند الاستعمال . وفى المنتجات الجيدة عالية الرتبة ، تشمل الاختبارات الفيزيائية ، اختبارات الشد واختبارات الصلادة ومقاومة الصدمات واختبارات الحدادة . ونتائج هذه الاختبارات إيجابية قاطعة ، يتقرر على ضوئها قبول الصلب أو رفضه لتشغيله بعمليات الحدادة .

المطارق المتساقطة :

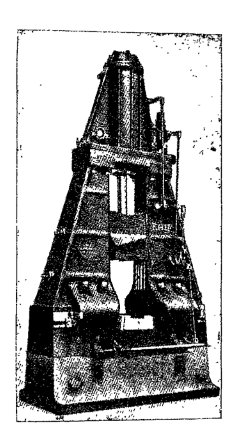
مطارق الحدادة المستعملة ، أما من النوع الذى يعمل بالجاذبية الأرضية، أو من نوع المطارق المتساقطة البخارية ، وهما متشابهان من الناحية الانشائية . ويتكون كل من هذين النوعين ، من هيكل متين ، وسندال ثابت ، ورأس متحرك ومصدر للطاقة وأجهزة إدارة الآليات المحركة . وتشمل أهم المهمات الإضافية لكل مكنة ، قوالب تشكيل من النوع المقفول ، التى يشكّل المعدن المطروق إلى الهيئة النهائية المطلوبة . ويثبت أحد جزئى القالب فى الرأس المتحرك ، كما يثبت الجزء فى السندال الثابت . وتشتمل المطرقة نفسها على الوزن الكلى للأجزاء المتحركة ، وهى الرأس وجميع الأجزاء الموصلة والقالب العلوى . وتقاس سعة أو قوة ضربة المكنة بوزن المطرقة . وهو الوزن الكلى لجميع الأجزاء المتحركة . وتمتص المكنة وأساسها إلى درجة كبيرة الضربة المفاجئة التى تلقيها المطرقة . ويجب تثبيت أساس المكنة فى الأرض إلى عمق كبير، وخصوصا عند استعمال المطارق الكبيرة والثقيلة.

والمطارق المتساقطة باللوح ، أكثر أنواع مكنات الحدادة المتساقطة، التى تعمل بالجاذبية . ويثبت الرأس الذى يحمل القالب العلوى فى لوح من الخشب الصلد ، ويمرر بين مجموعات من الأسطوانات تدور فى أعلى المطرقة . وتضغط الأسطوانات على الألواح ، فيرتفع الرأس والقالب العلوى إلى ارتفاع معين ، فيفصلها العامل ، فتُلقى الضربة المطلوبة . وتنتج هذه الضربة من سقوط الرأس ومعها القالب العلوى تحت تأثير الجاذبية الأرضية ، على القالب السفلى الثابت . وتتوقف قوة الرأس على وزن الرأس ، وعلى الارتفاع الذى سقط منه . وهناك نوع آخر من المطارق ، تعمل بالجاذبية، ويستخدم فيها الهواء المضغوط أو البخار من جهة واحدة ، بدلا من الألواح فى رفع الرأس والقالب العلوى . ويبين شكل (٢) مطرقة متساقطة باللوح ، إنتاج شركة « إيرى » . والمكنة مستقلة بذاتها ، وكل أجزائها الرئيسية من الصلب ، وتدار بمحرك كهربى عن طريق تروس مغطاة تماماً . وستوصّف هذه المكنة توصيفا كاملا فيما بعد .


شكل (٢) مطرقة متساقطة باللوح

وتعمل المطرقة المتساقطة البخارية بواساطة البخار، فى إسطوانة ثنائية (بخار من أعلى ومن أسفل) على الرأس المثبت فيه قالب التشكيل العلوى. ويمكن بهذه الطريقة رفع الرأس والقالب وزيادة قوة الضربة، كما يمكن أن يتحكم العامل فى قوة الضربة على القالب السفلى، من طرقة خفيفة، إلى أقصى قوة يلقيها الرأس المسير بالبخار. ويمكن رفع الرأس والقالب بوساطة أسطوانة ثنائية فى أعلى المطرقة تعمل بالهواء المضغوط. ويمكن استخدام الهواء بدلا من البخار فى التحكم فى قوة الضربة. وتنتج من المطارق المتساقطة التى تعمل بالجاذبية، ضربة تتوقف على وزن الرأس والقالب. ويمكن التحكم فى ضربات المطارق المتساقطة التى تعمل بالهواء المضغوط فى اسطوانة ثنائية، بحيث تتراوح فيما بين طرقات خفيفة جدا، طرقات فى منتهى القوة.

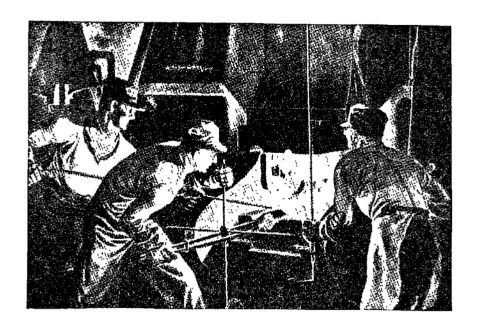
ويبين شكل (٣) مطرقة بخارية قدرتها ٣٠٠٠ رطل من إنتاج شركة « إيرى » ويتحكم جهاز التحكم فى البخار فى فتحة صمامة، عن طريق دواسة المطرقة. وبذلك ينظم طول المشوار العاطل ويولد طرقه حسب الطلب، ويمكن غلق مصدر البخار عن المطرقة عن طريق صمام التحكم، بحيث تنزل الرأس عدة مرات بهوادة، حتى يتلامس القالبان، فى فترات متواليات قصيرة حسب الطلب. وفى المطارق الكبيرة، يكون وزن المعدن من الثقل بحيث يلزمه شخص لتحريكه، فى الوقت الذى يقوم فيه شخص آخر بالتحكم فى المطرقة عن طريق روافع، تحرك باليد بدلا من الدواسة. وفيما يلى وصف لهذا النوع :



شكل (٣) مطرقة بخارية

قوالب التشكيل المقفلة

تصنع القوالب المستعملة فى عمليات المطارق ذات الألواح أو المطارق البخارية من نوع عالى الجودة من الصلب الكربونى ، أو الصلب السبائكى ، بأحجام مناسبة لاجراء عمليات التشكيل بالمكنات . فتشغل الأسطح المستوية ، ثم تشغل الخامة بدقة ، حتى يتخذ الفراغ الناتج شكل الجزء المطلوب ، ثم تعامل الخامة بعد ذلك حراريا . وفى كثير من الأحيان ، يشطب الجزء إلى المقاسات المطلوبة بالتجليخ والتلميع . ويحدد عدد التشكيلات (الفراغات) فى مجموعة من القوالب ، بشكل وحجم القطعة المنتجة ، وكذلك بالعدد المطلوب تشكيله منها . ويبين شكل (٤) طريقة صنع عمود مرفق (كرنك) بالحدادة المتساقطة وقوالب التشغيل المقفلة .



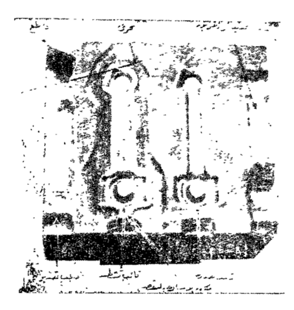
شكل (٤) الحدادة بقوالب التشكيل المقفولة

ويلزم لعملية الحدادة زوجان من القوالب ، يثبت أحدهما فى السندال ، والآخر فى الرأس . وتشكل هذه القوالب إلى الشكل المطلوب فى مكنات مخصصة لتشكيل القوالب ، وتصبح صالحة للاستعمال بعد معاملتها حراريا ، لتصليدها ثم تجليخها . وتسخن قطع الصلب المطلوب تشغيلها إلى درجة (٢٢٠٠ ف°) قبل أجراء عملية الحدادة ، ثم تضغط بين قوالب التشكيل المختلفة . ويتوقف عدد التشكيلات ، أو خطوات الضغط بين القوالب ، التى يتم فيها تشكيل المعدن الساخن ، على شكل المنتج النهائى .

ويبين شكل (٥) التشكيلات أو الخطوات الناتجة من زوجى القالب المستخدم فى إنتاج ذراع توصيل لمحرك .

ويطلق على التشكيلات الأولى فى القالب ، المبينة فى شكل(٥) ، عمليات تطريق وتعديل . وتشكل الخامة فى هذه القوالب إلى الشكل التقريبى . وهذه العمليات فى الواقع عمليات إعداد . ويتشكل الجزء نهائيا فى العمليات التالية ، حيث يتحدد شكله وهيئته فى قوالب ضغط تعتبر عملية تالية ، فى قوالب تشطيب ، حيث يأخذ

الجزء شكله النهائى . ويخرج ما يزيد من معدن الخامة عن حجم الجزء المضبوط من مجرى أو فراغ الزوائد أو الزعانف . وهو فراغ مخصص فى القالب لهذا الغرض . ويصبح هذا المعدن الزائد زعانفا تزال بالضغط فى مكابس ميكانيكية وقوالب خاصة ، لقطع هذه

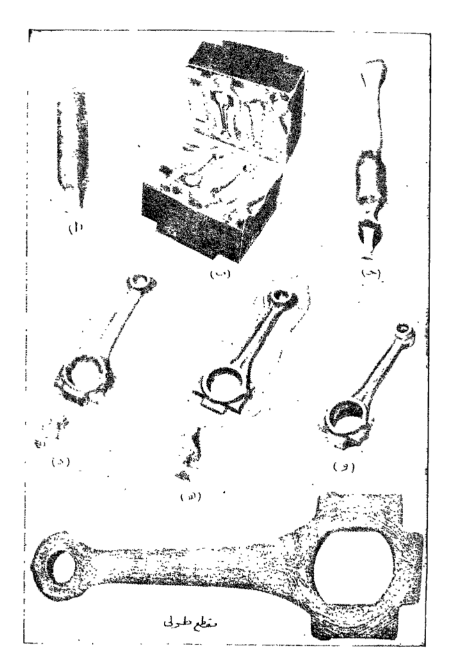


شكل (٥) القالب المستعمل فى حدادة ذراع توصيل

الزعانف ، وذلك بعد أن تنخفض درجة حرارة الجزء إلى درجة الحرارة العادية . وهكذا تكون إزالة هذه الزعانف والجزء ساخن ، وخصوصا إذا كان كبير الحجم ، فلا يلتوى فى أثناء عملية الازالة ويتشوه شكله .

ويبين شكل (٦) خطوات تشكيل صناعة ذراع توصيل فى محرك ، بالحدادة المتساقطة . و (ا) قطعة من عمود مقطوع بطول مناسب لاجراء عملية الحدادة الابتدائية . و (ب) زوجان من قوالب التشكيل المقفلة ، مصممة خصيصا لتشكيل هذا الجزء بالحدادة . (ج) الجزء بعد إجراء عمليات التشغيل الابتدائية على الساخن . و (د) الجزء بعد إجراء العملية التالية . ويظهر فيه الشكل الأول لذراع التوصيل . و (هـ) ذراع التوصيل بعد عملية التشطيب وانتهاء تشكيله إلى شكله النهائى . و (ز) ذراع التوصيل بعد إزالة الزعانف . وتجرى عملية إزالة الزعانف فى تشكيل الذراعات الواصلة ، بعد عملية التشطيب مباشرة ، وذلك فى مكبس مخصص لتهذيب الأطراف . وتستخدم قوالب مخصصة لعملية الإزالة ، تطابق شكل الجزء المنتج . وتهذب فى نفس الوقت نهايتى ذراع التوصيل . وبذلك يصبح الجزء معدا للمعاملة الحرارية والتشغيل على المكنات . ويظهر فى أسفل الشكل مقطع فى ذراع

التوصيل ، عولج بالحامض ، وظهرت اليافة ، وينتج عن تشغيل المعدن العجينى على الساخن ، بقوالب التشكيل المقفلة ، انسياب الحبيبات والألياف بالترتيب الظاهر فى الشكل .



شكل (٦) خطوات حدادة ذراع توصيل بمحرك

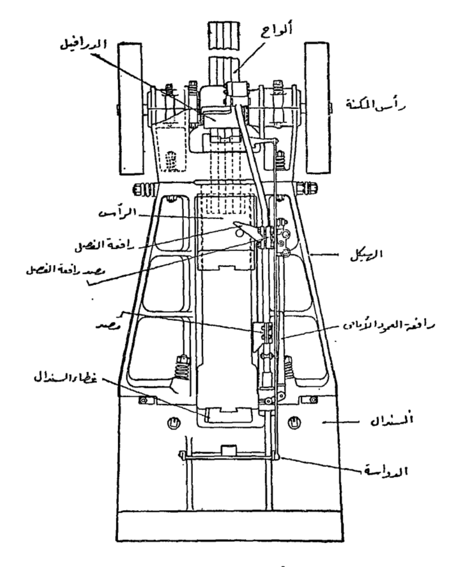
مطرقة اللوح المتساقطة

فيما يلى توضيح للأجزاء الأساسية فى مطرقة اللوح المتساقطة كذلك ، طريقة العمل بها ، ولقد سبق إيضاحها بالتفصيل . وينتفع هذا النوع من المكنات بقوة جاذبية الأرض ، لتكوين الطرقات . وتصنع هذه المكنات بأحجام وقدرات مختلفة ، تتراوح فيما بين (١٠٠ رطل و١٠٠٠٠، رطل) وتمثل هذه القيم أوزان المطارق المتساقطة وجميع الأجزاء الاضافية المثبتة عليها . وتستخدم المطارق المتساقطة ذات اللوح ، فى إنتاج جميع أنواع منتجات الحدادة من أجزاء المكنات الصغيرة إلى أجزاء التربينات البخارية الكبيرة . ويبين شكل (٢) من هذا الباب مثال لمطرقة لوح متساقطة .

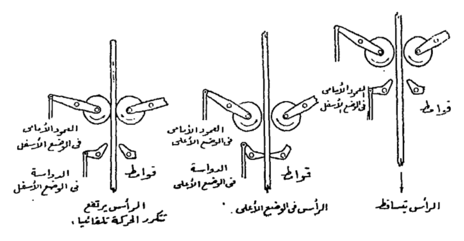
تتوالى ضربات المطرقة التى فى هذا النوع ، طالما كانت قدم العامل ضاغطة على الدواسة . وتثبت عدة ألواح من الخشب الصلد ، وتكون غالبا من خشب الأسفندان أو الغرب فى رأس المطرقة . وترتفع هذه الألواح إلى أعلى باحتكاكها ، وهى متلامسة مع أسطوانتين أو أربع اسطوانات (درافيل) إحتكاك من الصلب، هي فى الواقع جزء من جهاز الرفع بالمكنة . فاذا ارتفعت الألواح مع الرأس، إثر الاحتكاك مع الأسطوانات (الدرافيل) تتساقط الرأس والألواح معها على المطروقات إذا أزيل الاحتكاك . وتتحكم أجهزة الإدارة فى مشوار الارتفاع والسقوط . وبهذا تختلف الطرقات فيما بين القوة والضعف . وتثبت قوالب الصلب فى السندال الثابت وفى الرأس المتحرك بازدواج غنفارى . ويبين شكل (٧) أهم أجزاء مطرقة اللوح المتساقطة . كما يبين شكل (٨) طريقة إدارة المطرقة . وفيما يلى خطوات العمل على هذه المطرقة :

— توضع ترتيبات وآليات تحريك الأسطوانات (الدرافيل) فى موضع الرفع أو التساقط فى رأس المكنة فى أعلى الهيكل .

— يثبت الرأس على الهيكل الذى يعمل فى نفس الوقت دليلا لحركة الرأس



شكل (٧) أجزاء مطرقة لوح المتساقطة .



شكل (٨) خطوات عمل مطرقة اللوح المتساقطة

فى الصعود والهبوط ، ويرتكز جزء المكنة العلوى على السندال أو القاعدة ، التى تصمم لتمتص طرقة الرأس .

— يثبت جزء القالب الأسفل فى غطاء السندال ، كما يثبت جزء القالب المتحرك فى الجزء المتساقط . فاذا أبعدت الاسطوانات (الدرافيل) عن ألواح ، تساقطت وهبطت بفعل الجاذبية الأرضية وتحدث الطرقة المطلوبة . والأسطوانات (الدرافيل) الرافعة فى هذه المكنة عبارة عن أسطوانتين تدوران فى اتجاه عكسى .

— تلامس هاتان الأسطوانتان (الدرافيلان) الألواح ، فترفعها ، ثم تبتعد عنها فتتساقط الألواح ، وتنشأ الطرقة عن تساقطها .

— فى المطرقة رافعة أمن ، تمنع الأسطوانتين (الدرافيلان) من العمل ، عندما تكون الألواح والرأس المتحرك فى الوضع الأسفل ، فلا ترتفع إلا إذا رجعت الرافعة إلى وضعها الأصلى .

— بالمكنة دواسة مخصصة لفصل الألواح عن الأسطوانات حتى تتساقط الألواح والرأس معها إذا ضغط بالقدم عليها . وتصمم هذه « الترتيبة » ، بحيث إذا استمر الضغط على الدواسة ، تتكرر الطرقات تلقائيا .

— تحرك الرافعة التى تفصل الأسطوانات (الدرافيل) عن الألواح ، بمسمار (دبوس) يثبت فى الرأس ، بحيث إذا تحركت ، تتحرك الرافعة وتبتعد الأسطوانتان (الدرافيلان) واحدة عن الأخرى . ويحدث هذا عندما تصل الألواح إلى ارتفاع الطرقة المطلوبة .

— تعمل رافعة الفصل عن طريق مسمار (بنز) ، أو دبوس ، موضوع فى الرأس ، وتفصل هذه الرافعة الأسطوانات عن الألواح ، عندما يصل الرأس عند نهاية شوط الطرقة .

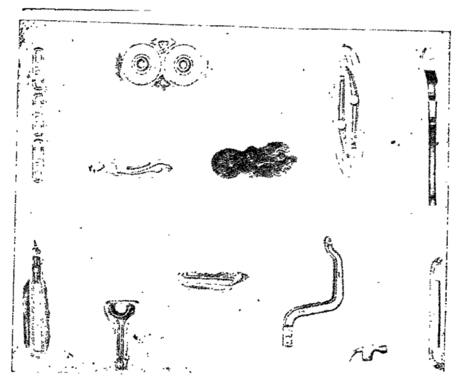
— رافعة الفصل مصد مثبت بعمود تشغيل الإسطونات (الدرافيل) ، تعمل عن طريقة رافعة الفصل، فى آلية إدارة الأسطوانات .

— يعمل الرأس وهو فى موضعه الأسفل ، فى مصد يقوم بدوره على توصيل الأسطوانات بالألوح ، ليرتفع إلى نهاية مشوار الاستعداد للطرقة التالية .

وتوضح الرسومات الثلاثة التى فى شكل (٨) عمل الأسطوانات (الدرافيل) والقوامط . فى الجزء العلوى إلى اليسار ، رسم يوضح كيف أن الرأس يعمل فى المصد الأسفل ، فيدفع العمود الأمامى إلى أسفل ، ويوصل بذلك الأسطونات (الدرافيل) بالألواح . ولا تلامس القوامط الألواح ، إذا كانت الدواسة مضغوطا عليها . ويبين الرسم فى الجزء العلوى إلى اليمين ، كيف أن رافعة الفصل يعمل فيها بمسار أو دبوس الرأس ، فتعمل بدورها فى المصد الأعلى ، فيرفع العمود الأمامى ويبعد الأسطوانات عن الألواح ويفصلها عنها . فأذا تركت الدواسة فى موضعها الأعلى ، قبضت القوامط على الألواح وهى فى أعلى المشوار . وعلى أى حال ، إذا ضغط على الدواسة ، لزم أن تتوالى الطرقات تلقائيا .

ويبين شكل (٩) أمثلة لبعض مطروقات الحدادة المتساقطة . ومنها يستدل على أحجام وأشكال منتجات الحدادة المتساقطة . ولم توضع قاعدة ثابتة لاختيار أنسب نوع من مكنات الحدادة المتساقطة ، التى تعمل بالجاذبية أو بالبخار ، لصناعة نوع ما من المنتجات . انظر شكل (١٣) . ومن الطبيعى أن تشكل أغلب الأجزاء الصغيرة البسيطة ، التى تخلو من التعقيد على مطارق اللوح المتساقطة ، أو على غيرها من المطارق المتساقطة ، فى حين تشمل الأجزاء الكبيرة التى لها أشكال معقدة على مطارق بخارية متساقطة .

وليست جميع المطارق المتساقطة ، التى تعمل بالجاذبية ، مطارق بلوح متساقطة . وكما ذكر من قبل ، تعمل بعض المطارق بالجاذبية ولكنها تستخدم الهواء المضغوط أو البخار ، بضغط من جهة واحدة . وتستخدم أعمدة بدلا من الأسطوانات (الدرافيل) : فى رفع الرأس وجزء القالب المتحرك . ويبين شكل (١١) نوع حديث



شكل (٩)

من المطارق ، تعمل بالجاذبية ، وتستخدم الهواء المضغوط أو البخار فى رفع الرأس . وأهم ميزة لهذه المكنة ، هى سرعة ارتفاع الرأس ، وبالتالى سرعة الأداء . ويسقط الرأس فى جميع أنواع المطارق ، التى تعمل بالجاذبية ، سواء أكانت من ذات اللوح ، أو من أى نوع آخر ، بنفس السرعة إذا سقط الرأس من ارتفاع واحد . ويشترط بطبيعة الحال ، ألا يقاوم سقوطها احتكاك أوضغط عكسى . وتتوقف سرعة رجوع الرأس ، مرتفعا إلى أعلى ، على نوع وتصميم الجهاز الرافع . وترفع الأسطوانات (الدرافيل) ألواح الخشب بالاحتكاك ، وذلك فى حالة مطرقة اللوح المتساقطة . ويزيد عدد الطرقات فى المطرقة المبينة فى شكل (١٠) لاستعمال الهواء المضغوط أو البخار بضغط حوالى (١٠٠رطل على البوصة المربعة) فتضغط على أسفل إسطوانة المكنة، فتزيد من سرعة ارتفاع الرأس . وتصنع هذه المكنات بأحجام مختلفة القدرة ، تتراوح فيما بين (٥٠٠رطل و ٥٠٠٠ رطل) ، وهذه تناسب إنتاج الأجزاء الصغيرة الخالية من التعقيد .

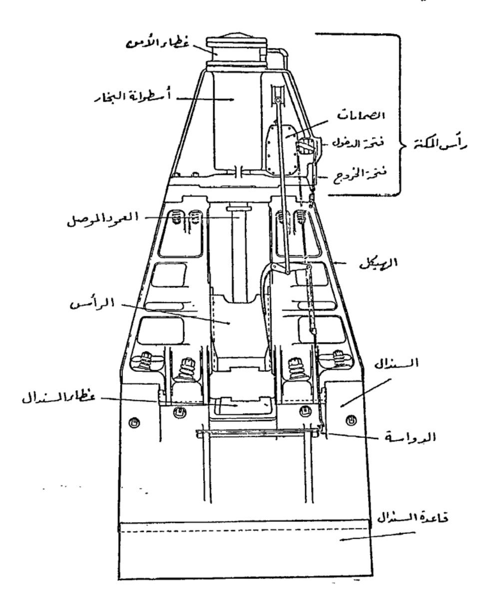


شكل (١٠) مطرقة متساقطة تعمل بالبخار

المطارق المتساقطة البخارية

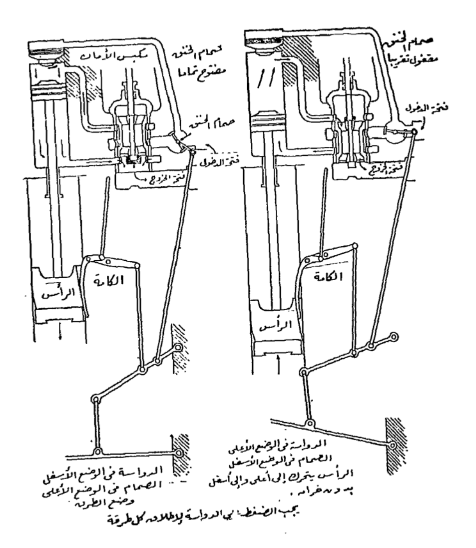
يبين شكل (٣) من هذا الباب ، مطرقة متساقطة بخارية . ويماثل هذا النوع من المكنات ، مطارق الحدادة البخارية ، العادية إلا أن الرأس ، يجب أن يعمل داخل دليل دقيق ، يمكن ضبطه للتأكد من تطابق جزء القالب العلوى على جزء القالب الأسفل . ويجب أن يكون هيكل المطرقة مثبتاً جسيئاً . وأن يكون تركيب الأجزاء الميكانيكية مضبوطا ، لتطابق محاور حركتها المحاور النظرية على قدر الامكان . ويلزم أخذ مقدار تآكل المجارى الدليلية الاحتكاكى فى الاعتبار . وترفع الرأس بالبخار ، وتحكم قوة الضربة بصمام ينظم البخار ، وتزيد عدد الطرقات فى كثير

من هذه المكنات عن (٣٠٠ ضربة فى الدقيقة) . وتتراوح قدرة المطارق المتساقطة البخارية فيما بين (٤٠٠ إلى ٥٠٠٠٠ رطل) .



شكل (١١) أجزاء مطرقة متساقطة بخارية

ويبين شكل (١١) ، أهم أجزاء مطرقة متساقطة بخارية ، كما يبين شكل (١٢) كيف يعمل صمام تنظيم البخار . وفيما يلى توضيح لعمل الأجزاء وطريقة إدارة المطرقة ، وكذلك جهاز التنظيم أو الصمام .



شكل (١٢) عمل صمامات المطرقة المتساقطة البخارية

توضع صمامات الادارة ، والاسطوانة ، وغطاء الأمن ، فى رأس المكنة فى أعلى الهيكل . ويحمل الهيكل الرأس ، — كما فى حالة مطارق اللوح المتساقطة — وكذلك دليل حركة الرأس الذى يثبت فى السندال . يرتكز الجزاء العلوى من المكنة على السندال الذى يمتص الطرقة . ويختلف حجم قاعدة السندال باختلاف حجم المطرقة. وكذلك يثبت جزء القالب الأسفل فى غطاء السندال . وبطبيعة الحال تكون الرأس هى الجزء الذى تنشأ عنه الطرقة ، ويثبت فيها جزء القالب المتحرك .

ويثبت العمود الموصل فى الرأس ، وهو الذى يدفعه بسرعة كبيرة إثر ضغط البخار أو الهواء المضغوط فى أسطوانته ، وبذلك تكون الأسطوانة مصدراً للسرعة العالية المطلوبة ، التى تنشأ عنها الطرقات ، كما أنها تعيد رفع الرأس إلى مكانها الأول استعداداً للطرقة التالية .

ويحوى غطاء الأمن مكبس الأمن ، ويدخل البخار فوقه فى حيز يعمل عمل الوسادة ، فإذا ارتفع مكبس المطرقة لسبب أو لآخر أعلى من المسافة المقررة ، يصطدم بمكبس الأمان ، الذى يضغط بدوره على وسادة البخار التى أعلاه ، فيمنع هذا استمرار حركة مكبس المطرقة إلى أعلى ، فلا تتعرض الأجزاء المتحركة للانكسار أو التلف .

والصمامات أجهزة للتحكم فى البخار أو الهواء المضغوط ، الذى يدخل الأسطوانات ، وبها كذلك يمكن التحكم فى حركة الرأس ومشاويرها .

وتستخدم الدواسة لاطلاق الطرقات وذلك للتحكم فى الصمامات . ويلزم لاطلاق كل طرقة أو ضربة من طرقات المطرقة المتساقطة البخارية ، أن يضغط على الدواسة . وتتوقف قوة الطرقة على سرعة ومسافة هبوط الدواسة . ويبين الرسم الأيسر من شكل (١٢) ، وضع أجزاء الصمام وملحقاته ، عندما تكون الدواسة فى وضع إطلاق الطرقات . ويلاحظ من الشكل أن البخار يدخل من فتحة الدخول ، ويمر من صمام تنظيم البخار المفتوح ، إلى منتصف الصمام المنزلق ، ثم يجتاز الفتحة العلوية ، فيضغط على المكبس من أعلاه . ويبين الرسم الأيمن ما يحدث عندما تكون الدواسة فى الموضع العلوى ، فى حين يكون صمام الخنق مقفولا تقريبا ، فيتحرك الصمام المنزلق إلى أسفل ، فيعبر البخار الفتحتين السفلتين فى الصمام المنزلق ، فتنطلق الرأس مرتفعة .

ويجب ملاحظة أنه عندما يتحرك الرأس إلى أعلى ، تتحرك الكامة التى ترفع الصمام المنزلق قليلا ، فيدخل مقدار صغير من البخار إلى الناحية العليا من المكبس ،

ويخرج من الناحية السفلى . ويتحرك الصمام المنزلق إلى أسفل قليلا كلما كانت الكامة فى موضع الرفع . وتعمل الكامة هذه ، عندما تكون الدواسة فى الموضع العلوى ، لتحريك الرأس إلى أعلى وإلى أسفل بدون ضربات ، وبهذا يستمر مرور البخار داخل الأسطوانة. ويمنع هذا احتمال تكثف البخار فى الأسطوانة. ويلاحظ أن البخار يعمل دائما إلى أعلى مكبس الأمان .

والمطرقة المتساقطة البخارية ، مناسبة لحدادة الأجزاء الكبيرة والأجزاء الصغيرة التى بها تشكيلات معقدة .

طاقة الطرقة وأثر التشكيل لعملية الحدادة .

لا يعتمد تأثير طرقة المطرقة على قدرة الضربة فحسب ، بل يعتمد كذلك على نسبة القدرة المولدة التى يمكن استخلاصها لتشكيل المعدن . والعوامل الرئيسية التى تؤثر على هذه النسبة ، هى معجونية ولدونة المعدن وأوزان الأجزاء العليا للمطرقة ، كذلك وزن السندال . فتوازن الهيكل والأسطوانة وقوة ومتانة هذه الأجزاء ، تتحكم فى الأجزاء المتحركة ، وتعمل دائما على توازى وتحاذى الأجزاء فى أثناء حركتها . كما يمنع تراخمها واعوجاجها الجانبى ، كما توجه كل القدرة المولدة إلى المعدن الذى يشكل بين جزئى القالب .

وتتوقف قدرة الحدادة على وزن المطرقة ، وتسمى عادة (حجم المطرقة) ويؤخذ فى الاعتبار عند ذكر قدرة المطرقة ، الزمن اللازم لتشغيل جزء معين بشكل معين ، ويجب أخذ كل حالة على حدة . فمثلا فى حالة المطرقة الصغيرة التى تستخدم فى حدادة قضبان صغيرة المقطع ، يصح استخدامها فى حدادة قضبان صغيرة المقطع الكبير ، مثل كتلة مربعة مساحة قطعها (٦ بوصات × ٦ بوصات) ، ولكن استخدام مطرقة كبيرة يحقق اقتصادا فى العمل ، وجودة فى الإنتاج . وتتبع طريقة معروفة لتقدير وزن المطرقة البخارية وهى مايلزم للبوصة المربعة من مساحة مقطع خامة الصلب المراد طرقها ، حوالى ٥٠ رطلا لثقل متساقط . وتطبق

هذه الطريقة فى حالات الحدادة العادية . ويستدل منها على الحجم الذى يمكّن من الكفاية . ولا يستدل منها على أكبر حجم للمطرقة . ويتوقف وزن المطرقة فى المطارق المتساقطة المستعملة فى الصناعة على عدة عوامل ، ولذلك تتبع عدة قواعد.

ولوزن السندال أهمية كبرى ، فكلما نقص وزنه ضاعت الطاقة فى تحريكه ، وقلت طاقة الطرقة التى يمتصها الجزء المراد تشغيله . ونسبة وزن السندال إلى وزن الرأس ، أحد العوامل الهامة فى تصميم مطارق الحدادة. ويستعمل عادة سندال يزن ثمانى مرات وزن الأجزاء المتحركة. وعندما يكون المعدن المراد تشغيله صلدا جدا ، كالصلب السبائكى مثلا ، فإن نسبة كبيرة من الطاقة تذهب فى ارتداد الرأس عند ارتطامه بالمعدن المشغل . ويستحسن فى هذه الحالة استخدام مطرقة بنسبة سندال عالية ، قد تصل إلى ١٥ : ١ حتى تتوافر طاقة تكفى لتشغيل المعدن .

وتتناسب دائما الطاقة المفقودة تناسباً عكسياً مع وزن السندال مهما كان نوع المعدن المشغل . فإذا كان المعدن صعب الحدادة ، فان زيادة الكفاية لا تبرر استخدام سندال ثقيل بحجم لا يتناسب مع باقى أجزاء المكنة . فمثلا عندما تكون نسبة السندال (١٥ : ١) ، فإن ٦ ٪ من طاقة الطرقة تستنفذ فى تحريك السندال ، وعندما تكون نسبة (١٠ : ١) ، يضيع ٩ ٪ من الطاقة فى تحريكه . ومن الواضح أن استعمال مطرقة نسبة السندال فيها (١٥ : ١) يستفاد منها بحوالى ٦٠٪ من طاقتها ، فى حين أن تكاليفها غالية . كذلك تكون تكاليف المحافظة على السندال وعلى أساسه مرتفعة ، نظرا لكمية الطاقة الكبيرة التى تطلقها هذه الأجزاء .

ويمكن حساب أقصى طاقة لطرقة مطرقة بخارية ، بفرض أن الضغط الفعال المتوسط للبخار على أعلى المكبس ، هوحوالى ٨٠٪ من ضغط البخار فى المواسير. وبضرب هذا الضغط فى مساحة إسطوانة البخار ، تعرف قوة ضغط البخار الفعال . ومجموع القوة الفعالة ، هو هذه القوة مضافا إليها وزن الأجزاء المتحركة ، وتساوى هذه القوة الوزن الاسمى للمطرقة وتزيد . وطاقة الطرقة هى حاصل ضرب هذه

الفقرة فى طول مشوار المطرقة . ويمكن الحصول على متوسط قوة للطرقة ، بقسمة طاقة الضربة على طول المسافة التى يتحركها القالب العلوى بين اللحظة التى يبدأ منها الطرق على الجزء ، واللحظة التى يقف فيها . وهذه المسافة عبارة عن مقدار التغلغل الذى حدث فى الجزء مضافا إليه مقدار تحرك السندال تحت تأثير قوة الطرقة .

فمثلا فى مطرقة بخارية قوتها ١١٠٠ رطل تـكون مواصفاتها كالآتى : وزن الثقل الساقط (١٢٠٠ رطلا وقطر الأسطوانة (ق) ١٠ بوصات وطول المشوار ، (ط) ٢٧ بوصة) .

فاذا فرضنا أن الضغط المتوسط المؤثر (ض) يساوى ٨٠ رطلا على البوصة المربعة ، وفرضنا أن الرأس يستمر فى التحرك مسافة تساوى ($\frac{1}{8}$ بوصة) بعد تلقى الطرقة ، بسبب تغلغلها فى المعدن وتحرك السندال . تحسب قوة الضربة كما يلى :

قوة ضغط البخار	$= \frac{ط . ق^2}{4} \times$ ض =	٦٢٨٣	رطلا
الثقل الساقط	=	١٢٠٠	رطلا
مجموع القوة المتساقطة	٦٢٨٣ + ١٢٠٠ =	٧٤٨٣	رطلا
طاقة الطرقة	٧٤٨٣ × ٢٧ =	٢٠٢٠٤١	رطل بوصة
متوسط قوة الطرقة	$\frac{٢٠٢٠٤١}{٠,١٢٥}$ =	١٦١٦٣٢٨	رطلا
	= ١٦,٨٠٨ طنا		

وعند تقدير طاقة الطرقة فى المطارق المتساقطة التى تعمل بجاذبية الأرض ، تـكون القوة المتساقطة تساوى عبارة عن وزن الأجزاء المتساقطة فقط . وجميع الحسابات الأخرى مماثلة للحسابات المتبعة فى المطرقة المتساقطة البخارية .

ويبين(شكل١٣) الفرق بين تساقط المطرقة بالجاذبية الأرضية ، سواءأ كانت من النوع ذى اللوح أو كانت مطرقة متساقطة بسيطة تعمل بالجاذبية الأرضية وبالتساقط السريع فى المطرقة البخارية . ويجب ملاحظة أن سرعة التساقط فى أى من نوعى المطرقة المتساقطة التى تعمل بالجاذبية الأرضية ، يحددها الارتفاع (ع) المبين فى الرسم ، والذى يتساقط منه الرأس ، بينما يزيد البخار أو الهواء المضغوط المستعمل

فى الأسطوانة فى سرعة تساقط الرأس فى المطرقة البخارية . ومتوسط سرعة المطرقة المتساقطة التى تعمل بالجاذبية الأرضية ، حوالى (١٤ قدما فى الثانية ، حين أن أقصى سرعة فعالة فى المطرقة البخارية تساوى حوالى ٣٠ قدما فى الثانية .

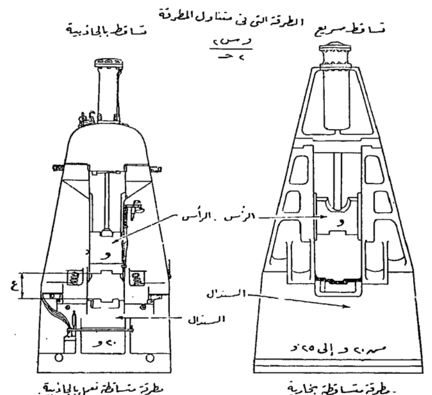
وتساوى الطاقة التى فى متناول المطرقة $\frac{\text{و س}^{٢}}{٢\ \text{ح}}$

حيث و = وزن الرأس بالرطل

، س = سرعة الرأس بالقدم فى الثانية

، ح = عجلة الجاذبية الأرضية (٢ر٣٢ قدم ثانية)

التحكم فى الصدمة
أثناء الحدادة



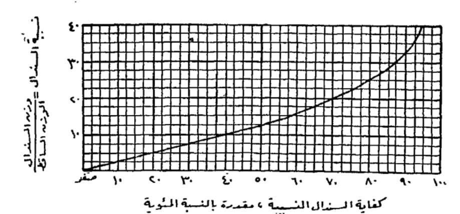
مطرقة متساقطة بخارية.
تزداد السرعة باستعمال البخار والهواء
تكون نسبة السندال عالية إذا صنع السندال من أكثر من قطعة واحدة
أقصى سرعة ٣٠ قدم فى الثانية تقريبا.

مطرقة متساقطة تعمل بالجاذبية.
تتوقف السرعة على (ع)
تؤثر النسبة بين وزن السندال ووزن الرأس فى أثر طرقة الحدادة.
السرعة المعتادة ١٤ قدم فى الثانية.

شكل (١٣) الفرق بين تساقط المطرقة بالجاذبية الأرضية وسقوطها المسرع

ويمكن من هذه العلاقة ملاحظة أن الطاقة التى فى متناول المطرقة أكبر فى حالة المطرقة المتساقطة البخارية منها فى المطرقة المتساقطة التى تعمل بالجاذبية الأرضية إذا كانت جميع العوامل الأخرى ثابتة .

وتؤثر النسبة بين وزن السندال ووزن الرأس فى أثر طرقة الحدادة ، كما هو مبين فى شكل (١٤) . وسعة المطرقة أى قدرتها على الحدادة تتحدد بالعوامل الآتية : وزن الكتلة الطارقة وسرعتها عند الارتطام ، أو متانة وإحكام تماسك الهيكل وجساءته وكذلك كتلة السندال الذى تقف فى طريق الطرقة . وبما أن فعل الحدادة يتناسب مع مربع سرعة الاصطدام أو الطرق ، فإنه من الأفضل استخدام السرعات العالية . وتفضل الهياكل المتينة الجسيئة ذات مركز الثقل المنخفض، كما أن أداءها جيد.



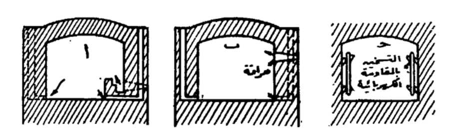
شكل (١٤) نسبة السندال وتأثير الحدادة

أفران تسخين المعادن قبل الحدادة

يجب تسخين المعادن بالطريقة الصحيحة لإتمام عملية الحدادة على الوجه الأكمل؟ ويتم هذا إذا اختيرت معدات التسخين بعناية . وتسخن المعادن عامة والصلب خاصة فى أفران مختلفة ، ويحدد حجم قطعة الصلب المراد تشغيلها بالحدادة وشكلها ونوعها اختيار وحدة التسخين التى يجب أن تصمم بحيث تسخن المعدن بطريقة سليمة صحيحة ، وبحيث تعمل بكفاية وجودة فى الظروف المختلفة ، التى يحتمها

الاستعمال . ويصعب تصميم فرن واحد يناسب كل الأحوال . كما يصعب استعمال نوع واحد من الوقود ، لذلك ، وعلى أى حال ، يلزم بذل عناية وحرص شديدين عند تصميم أى نوع من أنواع أفران الحدادة ليناسب حالة العمل . كما يلزم وضع الفرن فى مكان مناسب لتسهيل عملية نقل الجزء من الفرن إلى مكنة الحدادة . ويجب أن يكفى سعة الفرن لإتمام احتراق الوقود وتوزيع الحرارة المولدة بانتظام لتناسب عملية تسخين المعدن المسخن . كما يجب اتباع إرشادات صانعى الأفران للوصول إلى أحسن النتائج .

ويبين شكل (١٥) بعض الأشكال التى تبنى بها أفران الحدادة . (ا) قطاع فى فرن يدخل الوقود من جانبه وبه حاجز يجنب اللهب التلامس مع الجزء المسخن . و (ب) قطاع فى فرن بلهب مباشر ، وفيه تلامس غازات الاحتراق المعدن المسخن . و (ج) قطاع فى فرن كهربى .

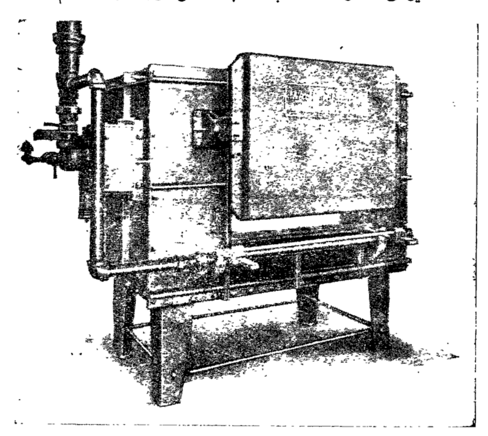


شكل (١٥) أشكال لبعض أفران الحدادة

ويجب بناء الأفران من مواد حرارية عازلة تعزل الحرارة عن الجدران الخارجية . وتحدد الأجزاء التى يراد تسخينها فى الفرن طوله وأبعاده الأخرى . ويجب أن ينحدر بيت النار فى الفرن إلى الوراء قليلا ليتحد الخبث المتكون إلى الخلف ، ويخرج من فتحة الخبث المخصصة لذلك . ويصمم الفرن عادة ببيت النار مستطيلا ، ويسقف عاليا على شكل عقد . وتكون فتحة الفرن من الأمام . ويستعمل الطوب الحرارى فى تبطين الأفران ، ولا يصح أن يقل سمك الطوبة عن (٩ بوصات) . ويصنع هيكل من الصلب لتثبيت وحمل جسد الفرن المبطن بالطوب . وإذا استعملت الحراقات فى الأفران ، يلزم تثبيتها بإحكام فى الأفران ، ولا يصح أن

يتلامس اللهب في هذه الحالة مع الصلب . لذلك يبنى حاجز أو أى وسيلة أخرى لحماية الصلب من اللهب ، كما هو مبين فى(ا) فى شكل(١٥) . وتبنى الأفران ضيقة وطويلة ، لا لتسخين القضبان فحسب ، ولكن لتسخين الأجزاء الكبيرة ذات المقاطع الضخمة. ويستحسن استخدام أفران واسعة غير عميقة .

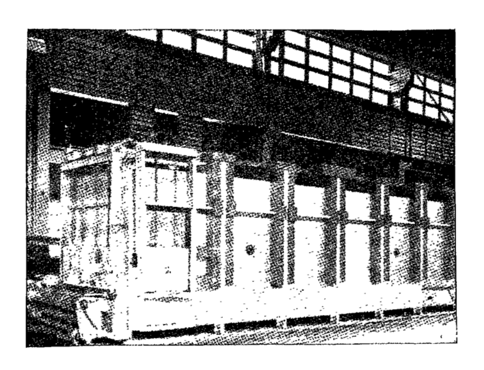
ويبين شكل (١٦) نوعاً حديثاً من أفران الحدادة له واق . والفرن نفسه متين ومحكم البناء ، ويحرق فيه الغاز أو الزيت . ويمكن استخدامه اقتصاديا فى عمليات الحدادة وكذلك فى عمليات اللحام . ويمكن ضبط الحاجز الواقى ليحمى العامل من الحرارة ، كما يحمى فى نفس الوقت المادة الجارى تسخينها فى الفرن . ويمكن تبريد الحاجز بالهواء أو بالماء ، كما يصح تبطينه بالطوب الحرارى . وتجهز جميع أفران الحرارة الحديثة بأجهزة تلقائية أوتوماتيكية ، للتحكم فى درجة الحرارة ، وذلك لتثبت حالة التسخين فى حالة واحدة حسب الطلب . ومن مزايا أجهزة التحكم التلقائية



شكل (١٦) فرن حدادة له حاجز واق

(الأتوماتيكية) ، تخفيض تكاليف عملية التسخين ، وبالتالى تكاليف عملية الحدادة عن طريق الاقتصاد فى الوقود المستنفد ، والإقلال من تكاليف صيانة الفرن .

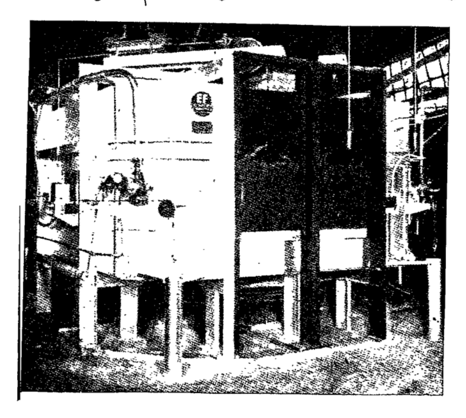
وتستخدم أفران الدفعات فى ورش الحدادة التى تشغل فيها قطع عديدة من الصلب بأحجام وأشكال مختلفة ، وهى أفران يستمر فيها إدخال المعدن من ناحية وإخراجه من ناحيـــة أخرى ، فيمكن بذلك تسخين كمية كبيرة من المعدن باستمرار وفى آن واحد . وتستخدم المصانع الحديثة التى تشغل فيها كميات كبيرة جدا من الصلب ، أفران لها حصائر تغذية ، أو نقالات تلقائية تدخل الأفران حاملة للأجزاء المراد تسخينها . وفى الأفران المجهزة بحصائر تغذية (بالجنزير، أوالسلسلة) تحمل السلسلة (الجنزير) المعدن وتدخله الفرن من ناحية الشحن ، وتخرجه بعد التسخين من ناحية الخروج . ويبين شكل (١٧) فرنا كهربيا له حصيرة سلسلة ، تستعمل فى تسخين كتل الأليومنيوم قبل الحدادة . ويوضع المعدن على السلسلة ليمر فى الفرن بعد تسخينه ، ويخرج من باب خروج المعدن الذى يجب أن يكون أقرب



شكل (١٧) فرن كهربى بحصيرة سلسلة

ما يمكن من مكنة الحدادة . وفى بعض الأحيان ، يبنى الفرن أعلى من مستوى الأرض ، بحيث تنزلق الكتل المسخنة الخارجة من الفرن ، على مجرى منحدر بطريقة تلقائية فتصل إلى مكان مكنة الحدادة .

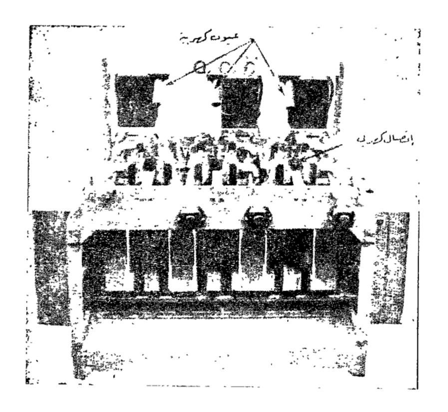
ويبين شكل (١٨) نوعا آخر من الأفران المتواصلة التى تعمل تلقائياً . وبيت النار فى هذا الفرن دوار ، ويجهز بأجهزة التحكيم فى درجات الحرارة تلقائيا ، لابقاء درجة الحرارة ثابتة فى الفرن عند أى مستوى مطلوب ، كما تمنع زيادة تسخين المعدن ، حتى ولو حدث أى أمر يعطل إخراج المعدن من الفرن مدة أكبر مما يجب . ويعمل هذا الفرن بوضع المعدن فى بيت النار ، الذى يدور دورة كاملة فى أثناء التسخين . وبعد ذلك يخرج المعدن وبعد التشكيل لوضعه فى مكان مناسب بالقرب من مكنة الحدادة . وتعتمد كيفية ضبط أجهزة التحكم الأتوماتيكية (التلقائية) على كمية وتناسق المعدن المراد حدادته من حيث الحجم والشكل .



شكل (١٨) فرن من الأنواع المتواصلة التلقائية

ويزداد استعمال وسائل التسخين بالكهربا فى عمليات الحدادة، زيادة مطردة. وخصوصا فى حدادة المعادن غير الحديدية. وأفران المقاومة الكهربية لا تناسب عمليات تسخين الصلب لأنها تعمل فى درجات حرارة أقل من الأفران التى تحرق الزيت، كما أن تكاليف الصلب فى هذه الحالة تكلف كثيرا. ومع ذلك فللتسخين بالمقاومة الكهربية مميزات عديدة، فى حالة تسخين المعادن غير الحديدية، وخصوصاً فى عمليات الحدادة. وتعمل هذه الأفران بإمرار تيار كهربى خلال المعدن المراد تسخينه نفسه. ويسخن مرور التيار الكهربى المعدن إثر مقاومته لهذا التيار. ولا تنفذ فى هذه الحالة الحرارة إلا بالاشعاع. ولا يمكن تسخين الصلب بسرعة بهذه الطريقة، لأن درجة الحرارة المطلوبة عالية جداً، تصل إلى حوالى ٢٢٠ ف° غير أنه بهذه الطريقة، ترتفع درجة حرارة المعدن من الداخل أولا، ثم يلى ذلك ارتفاع درجة حرارة بقية المعدن. ويتحقق بهذا تسخين المعدن بانتظام. ويمكن التحكم فى درجة الحرارة القصوى تلقائيا، باستعمال أجهزة تحكم كهرضوئية تستخدم العيون الكهربية التى توضع بطريقة خاصة معينة، فيما بين المعدن. ويوضع التوصيل الكهربى فى جهاز التسخين. وتضبط درجة الحرارة فى لحظة قصيرة بهذا النوع من أجهزة التسخين، كما هو مبين فى شكل (١٩). وبذلك يجنب المعدن خطر زيادة التسخين أو نقصانه. ويستخدم جهاز تسخين المقاومة الكهربية فى تسخين معادن يتراوح حجمها فيما بين ($\frac{٥}{٨}$ بوصة إلى ٥ر١ بوصة) قطرا وفيما بين (١ بوصة و ٢٤ بوصة) طولا.

واستخدمت فى السنوات الأخيرة أفران تعمل بتأثيرية التردد الكهربى العالى، ونالت نجاحا كبيرا فى هذا الميدان. وذلك بتسخين المعادن وخصوصاً الصلب، لإعداده لإجراء مختلف عمليات الحدادة. ويحتوى جهاز التسخين المجهزة به الأفران التأثيرية ملف تسخين تأثيرى عالى التردد، ولوحة التحكم فى المسخن. ويصمم جهاز التسخين عادة ليؤدى مطالب معينة. وطريقة تسخين المعادن هذه، لها ميزات كثيرة، أهمها التسخين السريع، وكذلك التسخين الموضعى إذا استلزم الأمر تسخين



شكل (١٩) جهاز تسخين بالمقاومة الكهربية

جزء من أجزاء المعدن دون تسخين باقى الأجزاء ، ولا يتولد من التسخين بهذه الطريقة طبقة أكسيدية على سطح المعدن بتاتا . ويمكن تسخين قطاعات صغيرة من الصلب موضعيا ، مسمطة أو مجوفة ، إلى درجة حرارة الحدادة فى أقل من دقيقة واحدة ، أما فى القطاعات الكبيرة فيلزم لذلك وقت أطول .

عمليات إضافية

يجب أن يقص المعدن ويقطع ، لأجراء عملية الحدادة بالطول المطلوب بالمنشار ، ثم يسخن إلى درجة حرارة الحدادة المضبوطة فى أفران تنتخب حسب إرشادات صانعى الأفران . وتصل درجة حرارة الحدادة المضبوطة لتشكيل الصلب إلى حوالى (٢٢٠٠ف°) . ولطريقة التسخين السليمة الصحيحة أعظم الأثر فى نجاح عمليات

الحدادة . وتستعمل أجهزة قص أو نشر بسيطة التصميم ، لإعداد المعدن فى الورشة بالأطوال المطلوبة .

وتستخدم مكابس تهذيب الأطراف فى ورش الحدادة ، لإزالة الزعانف التى تحيط بالأجزاء المصنوعة بالحدادة المتساقطة . والزعانف هى الأجزاء المعدنية الرفيعة الزائدة ، المنبثقة إثر ضغط طرقة المطرقة على المعدن الساخن اللدن المعجن ، بعد مايملأ فراغات القالب تماما . وتزال هذه الزعانف بالقص ، باستخدام قوالب تهذيب أطراف ، مخصصة لذلك . وتوضع مكابس تهذيب الأطراف هذه بالقرب من المطارق لتهذيب أطراف الأجزاء الساخنة بعد حدادتها مباشرة . ويصح أن تجرى عملية تهذيب الأطراف على البارد ، خصوصاً فى القطع الصغيرة المنتجة بالحدادة ، كل قطعتين معاً ، مجمعتين من قطعة من المعدن . ويمكن إجراء عملية التخريم مع عملية تهذيب الأطراف فى آن واحد .

وتجرى عمليات معاملات حرارية مختلفة على أغلب أنواع الصلب الكربونى والصلب السبائكى ، لاظهار الخواص الفيزيائية المرغوبة فى الحدود المطلوبة . ويجب ضبط وإحكام أداء عمليات المعاملات الحرارية ، لأهمية ذلك فى إعداد منتجات الحدادة للاستفادة منها إلى أقصى الحدود عند استعمالها . وفيما بعد تفصيل لعمليات المعاملات الحرارية .

معدات نقل المواد وتناولها

اجتازت معدات نقل المواد فى ورش الحدادة الحديثة ، مرحلة هامة من مراحل التحسين والتطوير ، إذ تستخدم فى أثناء أداء العمليات الإضافية الكثيرة ، التى يجب إجراؤها مع عملية الحدادة . ولا تقف الحاجة لاستخدام مختلف أنواع معدات على نقل المواد وتناولها فى ورش الحدادة عند رفع المعدن قبل التشغيل ، وإحضاره إلى الأفران ، ثم إلى مكنات الحدادة فحسب ، بل يتعدى إلى استعمالها فى تحريك ونقل المعدن الذى أجريت عليه عملية الحدادة من مكان إلى آخر ، لاجراء العمليات

الإضافية اللازمة ، مثل تهذيب الأطراف ، وإجراء المعاملات الحرارية ، والسبك ، وتحديد الأبعاد وإعادة الطرق وغير ذلك من عمليات . وتجرى عمليات السبك وتحديد الأبعاد وإعادة الطرق ، للحصول على منتجات بتفاوت صغير فى أبعادها .

ويتوقف نوع معدات النقل المطلوبة على نوع المنتجات التى تشكل فى ورش الحدادة ، من حيث استخدام أنواع القوالب المفتوحة أو المقفلة ، أو غير ذلك من أنواع عمليات التشكيل الأخرى ، التى تستخدم فى الانتاج الحديث . وتنقسم هذه المعدات قسمين : معدات يدوية ، ومعدات تدار بالقدرة الميكانيكية . وتشمل المعدات اليدوية مختلف العربات التى تجر باليد ، والمرفاعات (الأوناش) بأنواعها ، ومنها المرفاعات العالية . وتشمل المعدات الميكانيكية مختلف العربات الرافعة ، والجرارات والمرفاعات (الأوناش) وكذلك حصائر النقل .

ويجب فى الحالات التى يلزم فيها تناول ونقل الأجزاء الكبيرة ، توفير وسائل مناسبة لنقلها من مكان لآخر فى أنحاء الورش. وكذلك لنقل كميات الصلب التى تخزن فى مخزن الصلب الفرعى فى ورش الحدادة استعدادا لإجراء عمليات الحدادة . وهذا يتطلب وسائل مناسبة لتناول هذه الكميات ونقلها . وتنقل مثل هذه المواد بالمرفاع (الونش) المتحرك ، أو المرفاع (الونش) المجهز بذراع متحركة ، ويسير المرفاع (الونش) المتحرك على قضبان متينة ، على ارتفاع مناسب على طول الورشة من أولها إلى آخرها . وأغلب استعمالات المرفاع المتحرك ، يكون فى تناول وتحريك الجزء المشغل تحت مطارق الحدادة . وتتكون من ذراع يتحرك حول عمود مجهز بآلية مناسبة لرفع وخفض الأجزاء . وكثيراً ما تعلق الأشغال الثقيلة فى المرفاع (الونش) من منتصفها ، إذا تيسر ذلك حتى تتوازن بقدر الامكان . وتستخدم عادة سلسلة متصلة دائرية لسند الجزء المعلق ، ليتيسر لف وأرجحة المعدن المعلق من ناحية لأخرى .

أسئلة للمراجعة

١ — اشرح بإيجاز عملية الحدادة المتساقطة .

٢ — صف طريقة إدارة المطرقة المتساقطة .

٣ — ما مميزات منتجات الحدادة المتساقطة ؟

٤ — صف بإيجاز نوعى المطارق المتساقطة .

٥ — ما الذى يحدد عدد خطوات التشكيل اللازمة فى قوالب المطرقة المتساقطة ؟

٦ — ما أحجام مطارق اللوح المتساقط ؟

٧ — ما أحجام المطارق المتساقطة البخارية ؟

٨ — ما هى قوالب التشكيل المقفلة ؟

٩ — تكلم بإيجاز ودقة على طاقة الضربة وأثر حدادة المطرقة .

١٠ — ما المقصود بسعة الحدادة ؟ ولماذا تتوقف على وزن المطرقة ؟

١١ — تكلم بإيجاز ودقة على الآتى : وزن المطرقة ، وزن السندال ، ونسبة السندال .

١٢ — إذا كانت الأوزان المتساقطة فى مطرقة بخارية تساوى (١٦٠٠ رطلا) وقطر الأسطوانة (١٢ بوصة) وطول المشوار (٣٠ بوصة) وضغط البخار المتوسط (٨٠ رطلا على البوصة) واستمرت الرأس فى التحرك مسافة تساوى (١٤ بوصة) بعد تلامس رأس المطرقة مع الشغلة أو القالب بسبب تغلغل المطرقة فى المعدن وتحرك السندال . احسب متوسط قوة الضربة بالأطنان .

١٣ — أثبت أن الطاقة التى يمكن الحصول عليها فى المطرقة المتساقط البخارية أكبر من التى يمكن الحصول عليها فى مطرقة اللوح المتساقط ، إذا كانت جميع العوامل الأخرى ثابتة .

١٤ — ما هى الاشتراطات الأساسية التى يجب توافرها فى أفران الحدادة الجيدة ؟

١٥ — اشرح بايجاز فرنا من الأفران الحديثة التى بها حاجز واق .

١٦ — اشرح طريقة إدارة الأفران المجهزة بوسائل النقل والرفع التلقائية .

١٧ — تكلم بإيجاز ودقة عن مميزات طرق التسخين الكهربية فى عمليات الحدادة .

١٨ — اشرح عمل مكابس تهذيب الأطراف فى ورش الحدادة .

١٩ — اذكر العمليات الإضافية التى تلى عمليات الحدادة بالطرق .

٢٠ — اذكر الغرض الذى من أجله تعامل منتجات الحدادة حراريا .

٢١ — اذكر بعض معدات نقل المواد المستعملة فى ورش الحدادة الحديثة .

الباب السادس

أمثلة للحدادة بالطرق على قوالب

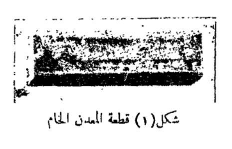
طريقة حدادة ذراع توصيل كبيرة لمحرك ديزل

سبق أن شرحت طريقة إنتاج ذراع توصيل ، بوساطة قوالب التشكيل المقفلة بالحدادة المتساقطة . ووضحت الطريقة بالرسم فى شكل (٦) من الباب الخامس . كما شرحت جميع خطوات الحدادة المتبعة شرحا وافيا ، فلا حاجة لإعادته هنا. وإنما سنستعرض بعض الأمثلة الأخرى فى هذا الباب ، لنوضح كيفية استخدام قوالب التشكيل المقفلة ، لاستيلاد أحسن خواص المعدن . وليس من المستحسن استخدام هذه الوسيلة ، بدلا عن طرق الإنتاج الأخرى ، إلا للمنتجات التى تواجه مطالب خاصة فى أثناء الاستعمال ، إذ أن الحدادة ليست دائماً أكثر وسائل الإنتاج اقتصادا.

يبلغ طول ذراع التوصيل هذا ، وهى فى محرك ديزل ، أكثر من ثلاث أقدام ، ويزن (٨٥ رطلا) تقريبا . بينما طول ذراع التوصيل العادية فى محركات السيارات، المبين واحد منها فى(شكل٦) من الباب الخامس ، (١٤بوصة) ، ويزن أربعة أرطال. ويجب ألا يتغير وزن العمود الموصل فى محرك الديزل إلا فى أضيق الحدود ، للحصول على توازن كامل عند تجميع المحرك . وفيما يلى شرح موضح بالرسم لمعدات الحدادة ، وخطوات العمل المطلوبة لإنتاج هذا الجزء :

تبدأ عملية الحدادة باختيار كتلة صلب مناسبة أبعادها (٤ ٣/١٦ × ٤ ١٣/١٦ × ١٨ ١/٢) ثم تسخن هذه الكتلة إلى درجة حرارة الحدادة المضبوطة ، أى حوالى (٢٢٠٠° ف) لتشكيل ذراع توصيل طولها (٣٨ بوصة) . وتعتبر عملية التسخين أولى خطوات الإنتاج . وتليها عدة عمليات ميكانيكية فى مكابس أو مطارق الحدادة ، باستعمال

قوالب مناسبة . ويبين شكل (١) قطعة المعدن الخام المستعملة فى صنع الجزء المطلوب .


شكل (١) قطعة المعدن الخام

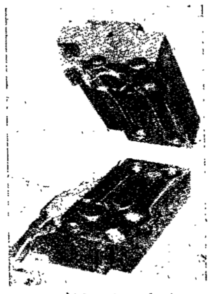
ويشكل جزء بارز فى نهاية قطعة المعدن ليمسك منه بالقط ، فيمكن بذلك طرق نهايتها فى القالب العلوى ، ثم يوضع المعدن المسخن فى فجوة القالب الأسطوانية ويشكل المعدن بشكل القالب بضربات متوالية على القالب ، فيستطيل المعدن من أحد طرفيه ليكوّن ساق ذراع التوصيل . ويبين شكل (٢) قوالب التشكيل المبدئى والتكتيل ، وتستعمل فى سلسلة من العمليات مبينة فى الأشكال التالية .


شكل (٢) عملية تدوير المقطع وضبطه

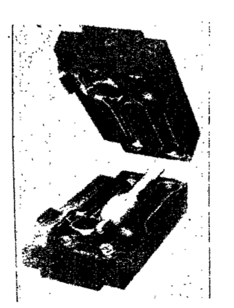
وتلزم عدة أطقم من القوالب لإتمام عملية الحدادة . وتحوى القوالب المبينة فى شكل (٢) التشكيل النهائى وتشكيل لإطالة المعدن الأصلى وتدوير مقطعه وضبطه . وتصنع القوالب بتحديد مكان التشكيل فى زوجين من قوالب التشكيل الأولى . وتجوّف القوالب لتشكل بشكل التطبيع المطلوب . وتشمل هذه العملية تشكيل تطبيع ، مبدئى بعمليات التفريز بالفريزة ، ثم تشكيل تشطيب دقيق بالفريزة مع تشكيل بالحفر باليد .

ويبين شكل (٣) استخدام عملية الحصر لإنقاص مقطع الجزء الأوسط بين النهاية الكبرى والنهاية الصغرى ، والأخيرة نهاية المكبس فى ذراع التوصيل . وذلك

بطرق المعدن المسخن بين التجويفين العلوى والسفلى فى القالب ، فيعصر المعدن إلى الخارج ويبعد عن وسط القطعة الأصلية . ويبين الشكل إنقاص مقطع المعدن باستخدام البلص لتشكيل الجزء صغير المقطع من العمود دون المساس بتوزيع المعدن فى الأجزاء الأخرى .



(شكل ٣) عملية الحصر



(شكل ٤) عملية التسطيح



(شكل ٥) عملية تدوير المقطع الثانية

ويبين (شكل ٤) عملية تسطيح النهاية الكبرى، بطرق المعدن على الجزء المستوى فى القالب قبل عملية التكتيل ، والغرض من ذلك هو إرغام المعدن على اتخاذ شكل يقرب من شكل التكتيل ، ويأخذ المعدن فى هذه المرحلة شكلا يقرب من الشكل النهائى .

ويبين (شكل ٥) عملية تدوير المقطع الثانية ، والغرض منها إنقاص مقطع الخام

وتجميعه بالكميات المطلوبة فى كل جزء من أجزاء ذراع التوصيل ، كذلك لتنعيم وتسوية الأسطح غير المنتظمة . ويمكن تكتيل المعدن فى لجوة الضبط بعد توزيعه فى العملية السابقة ، فيصل المعدن إلى جوانب القالب فى آن واحد فى جميع الاتجاهات .

ويبين (شكل ٦) عملية التكتيل التى تعطى العمود الموصل شكله المحدود الأول ، وذلك بطرق المعدن عدة مرات ، لإرغامه على الانسياب داخل لجوة القالب فيملأها تماما فى كل جزء من أجزاء الذراع . وتنساب حبيبات المعدن بالتشغيل على الساخن داخل القالب ويصبح للمطروق متانة ملموسة .

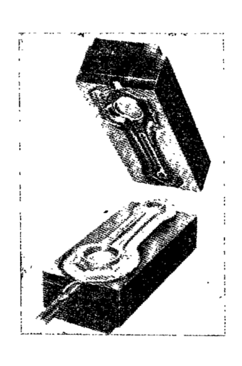
(شكل ٦) عملية الضبط

وللمعادن عامة وللصلب خاصة بنية بللورية فى حالتها الصلبة، وتنساب حبيبات المعدن البللورية عند تسخينه ، ويستمر الانسياب أثناء عملية الحدادة فى قوالب التشكيل المقفلة فيخرج المنتج المعدنى متيناً يقاوم الإجهاد .

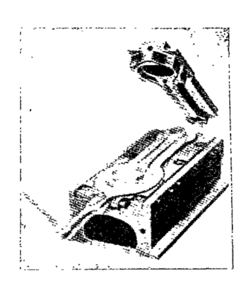
وتولد عملية التكتيل فى الذراع المتانة المطلوبة فى النهاية التى فى ناحية المرفق فى ذراع التوصيل لمقاومة القوى المفاجئة التى تتعرض لها عند العمل فى كل دورة من دورات المرفق .

وكذلك يبين (شكل ٦) آخر عملية تشكيل مبدئية ، تجرى فى أطقم القوالب الأولى ، وتظهر الزعانف حول العمود بعد تشكيله بعدة طرقات من المطرقة . ويراعى فى عمليات الحدادة الجيدة أداء جميع العمليات المبدئية بعناية وبطريقة صحيحة ، ضمانا لإنتاج منتجات مقبولة جيدة . ولقوالب التشطيب تجويفات تطابق المنتج النهائى تماما ، فتخرج المنتجات دقيقة فى الوزن والأبعاد .

ويجب إزالة الزعانف التى تتوالد حول ذراع التوصيل ، وذلك بعد عملية التشطيب المبينة فى (شكل ٧) ، باستخدام مكبس وقوالب لتهذيب الأطراف . ويبين (شكل ٨) عملية تهذيب الأطراف بقوالب تختلف فى التصميم عن التى تستعمل عادة . وبالقوالب سنابك (خرامات) لتخريم نهاية ذراع التوصيل الكبرى ، أى التى فى ناحية المرفق (الكرنك) ، وكذلك فى النهاية الصغرى التى فى ناحية المكبس فى ذراع التوصيل . ويسقط المنتج داخل قالب تهذيب الأطراف بعد إتمام عملية إزالة الزعانف وعملية الخرم . ويوضع الخرام (السنبك) المستعمل فى هذا القالب بطريقة تجعله يدفع الجزء المطروق على إحدى قطع الزعانف . ويجب قطع الزعانف بعد عملية التشطيب مباشرة عندما يكون المعدن ساخناً .



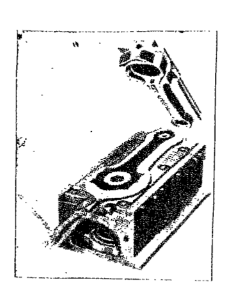
(شكل ٧) عملية التشطيب



(شكل ٨) عملية تهذيب الأطراف

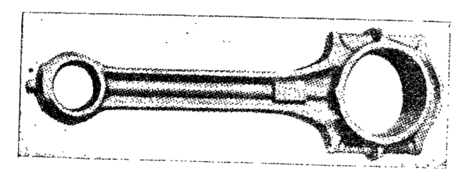
ويبين (شكل ٩) قوالب تهذيب الأطراف بعد إزالة الزعانف ، وتظهر على إحدى قطع القالب الأسفل ، ويلاحظ سقوط ذراع التوصيل فى فتحة القالب

الأسفل على قاعه ، ويثقب الخرام أو السنبك الكبير فى فتحة القالب الأمامية ، وهى طرف الذراع ناحية المرفق ، بينما يثقب الخرام أو السنبك الصغير ذراع التوصيل فى الطرف (ناحية المكبس) ويخرج الذراع من أسفل قالب قطع الزعانف ، ثم يعالج المعالجة الحرارية المناسبة قبل التشكيل النهائى بمكنات التشغيل .



(شكل ٩) الزعانف بعد إزالتها

ويبين (شكل ١٠) الجزء بعد إجراء عملية تهذيب الأطراف ، ويلاحظ أنه لا يحتاج بعد ذلك إلا لقليل من التشكيل والتشطيب . ويعتمد ذلك على مهارة



(شكل ١٠) المطروق بعد عملية التهذيب

ودقة الصانع الذى يقوم بعمل قوالب التشكيل بالحدادة، وعلى خبرة الحدادين الذين أدوا عمليات تشكيل الذراع الواصل ، فينتج بالوزن المطلوب المعين .

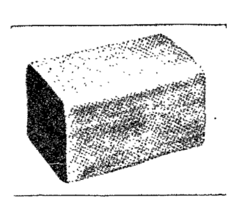
حدادة الأجزاء التى بها ثقوب وجيوب وتجاويف

برغم صعوبة حدادة الأجزاء التى بها ثقوب وجيوب وتجاويف ، فإن تطور فنون أساليب الحدادة التكنولوجية يسر تشغيل هذه المنتجات بنجاح كبير .

وخصوصا إذا عنى العناية الكافية بالأداء فى أثناء التشغيل ، وروعيت الدقة فى تصميم القوالب . وتنتج مطروقات كثيرة مليئة بالثقوب والتجاويف على المطرقة المتساقطة ، رغم الحدود الفيزيائية والميكانيكية الضيقة فى مجال تشكيل المعادن . ويجب أن يكون أى ثقب أو منخفض أوسع عند أسفله منه عند أعلاه فى أى جزء ينتج بقوالب الحدادة ، لتكون لجدرانه سلبية بزاوية تسمح بسحب القالب من الجزء المنكبس فيه .

ويجب أن تكون القوالب بتصميم خاص ، وخصوصا عند تشكيل الأجزاء التى فيها بروزات خارجة من جسد الجزء . وتجرى عملية الحدادة بأسلوب فنى خاص حتى لا ينقطع انسياب ألياف البنية فى أى نقطة . كما يجب اختيار أنسب معدات الحدادة لذلك . وخبرة العامل ومهارته أمر ضرورى ، ليتمكن من تقدير قوة الطرق المتساقطة المناسبة للعملية ، إذ يلزم أن تكون الطرقة كافية للتغلغل فى معدن القطعة بأكملها فى أثناء تشكيلها . ويجب أن تتوافر جميع هذه الشروط حتى تستولد فى المعدن أجود الخواص الفيزيائية وخاصة فى الصلب.

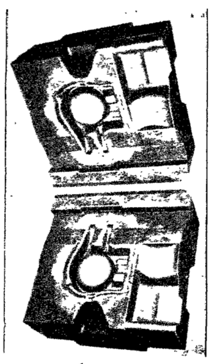
ويبين شكل (١١) قطعة من الصلب مقطعها (٦ً × ٦ً) وطولها (١٠ً بوصات) مجهزة لتشكيل جزء به ثقوب وجيــوب وتجويفات . وبطبيعة الحال من الضرورى تسخين القطعة إلى درجة حرارة الحدادة المناسبة المضبوطة قبل بدء عمليات الحدادة .



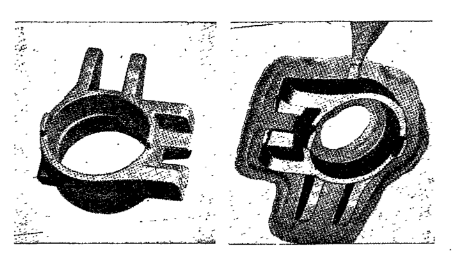
شكل (١١) قطعة من المعدن الخام

ويبين شكل (١٢) قوالب تشكيل مقفلة للتكتيل تستعمل فى تشكيل الجزء . وتشمل عمليات الحدادة : الخصر والدرفلة والتكتيل والتشطيب . والغرض من عملية الخصر تنقيص مقطع المعدن الذى تشكل عنده الأجزاء البارزة المميزة .

وتشكل الأجزاء المستديرة والأجزاء البارزة الصغيرة الأخرى مما تبقى من المعدن .


شكل (١٢) قوالب تشكيل مقفلة

وتجرى عمليــة لف المقطع ، وعملية تــكتيل المعدن بعد عملية الحصر . وتنقص عملية تدوير المقطع كمية المعدن فى هذا الموضع ، وتقربه من شكل لجوة قالب التــكتيل . وعملية تدوير المقطع توزع المعدن وتمــكنه من ملء فراغات قوالب الضبط تماما . وتتخذ المطروقات شكلها المحــدد الأول بعد عملية التــكتيل . ولــكى ينساب المعدن ويتشكل ويتطبع بشكل القالب يجب أن يطرق عدة طرقات متتالية لينساب فى الفراغ داخل القالب ويملأه تماما . وتلى عملية التــكتيل عملية ثقب القطعة وتشطيبها .


شكل (١٣) المطروق النهائى وبه زعانف   شكل (١٤) المطروق المشطب بعد قطع الزعانف

ويبين شكل (١٣) الجزء المطروق النهائى وبه الزعانف . وتستعمل قوالب تشطيب لتشكيل الجزء المطروق إلى أبعادها المضبوطة بالتفاوت المطلوب .

وتبقى بعد ذلك عملية قطع الزعانف وثقب الجزء الأوسط من الجزء المطروق ، وتستعمل قوالب قطع الزعانف فى هذه العملية ، ويبين شكل (١٤) الجزء المطروق المشطب بعد قطع الزعانف والثقب . فيصبح الجزء الآن معدا لمعاملته حراريا . ويعد هذا المطروق مثلا جيدا لقطعة معقدة صعبة،منتجة بالحدادة . وترجع صعوبة حدادة مثل هذه القطعة إلى دقة وصغر سمك جدار الجزء الأسطوانى والأجزاء البارزة ، لذلك يصعب تصميم تجويفات وثنايا القالب الداخلية ، كما يتعسر تنظيم العمليات بحيث ينساب المعدن تحت تأثير الضغط داخل فراغات القالب ويملأه تماما . ومع ذلك إذا صمم القالب بطريقة صحيحة ، وأجريت عمليات التشطيب بدقة ، يقل تفاوت أبعاد القطعة النهائية . وبهذا تقل عمليات التشطيب بمكنات التشغيل إلى الحد الأدنى ، كما تنخفض تكاليف اليد العاملة ، كذلك تتوازن مقاومة القطعة مع متانتها ،وذلك بتركيز كثافة الجزئيات وخطوط الانسياب عند مواضع الإجهادات العالية . وتتحقق هذه الخواص المرغوبة فى المنتجات بدراسة عمليات التشكيل المتتابعة ، دراسة وافية قبل إجرائها .

حدادة القطع ذات الجدران الرفيعة

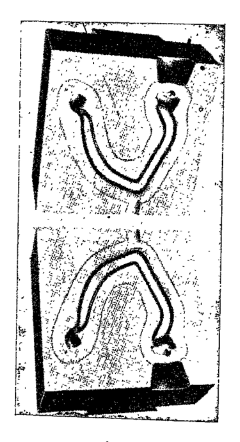
ويجب فى كثير من الأجزاء ذات الجدران الرفيعة أن تكون نسبة مقاومتها إلى وزنها نسبة عالية . وتشكل هذه القطع بمهارة بالحدادة حتى يصبح تفاوت أبعادها صغيرا ، فتقل كمية التشغيل بالمكنات وكمية التشطيب اللازمة . ويمكن إنتاج المقاطع الدقيقة بتنقيص وزن المطروقات تنقيصا كبيرا ، دون أى تضحية فى مقاومتها ، إذا أن عملية الحدادة تضغط المعدن الساخن إلى كتلة كثيفة ذات مقاومة أكيدة تجعلها أكثر مرونة وتزيد مقاومتها للتآكل . ويجب التحكم فى درجة الحرارة بدقة ، وطرق المعدن الساخن طرقا سريعا لتتناسق كتلته وأبعاد

مقاطعة الرقيقة كذلك ولتجنب التشغيل على البارد . ويبرد المعدن فى القالب بسرعة كبيرة فى الأجزاء ذات المقاطع الرقيقة . وكثيرا ما تتعرض مثل هذه المطروقات لإجهادات الصدمات ولذبذبات عنيفة . ويجب عند تشكيل مطروقات لتتحمل هذه المؤثرات أن توزع عمليات الحدادة بعناية ، وتصمم القوالب تصميما مضبوطا . فإذا روعيت جميع هذه الاشتراطات تتحسن خواص المعدن الفيزيائية الأصلية به أيما تحسن .

ويبين شكل (١٥) قطعة من المعـــدن قطرها بوصتان وربع بوصة وطولها (١٤ بوصة) لإنتاج قطعة من القطع المشكلة بالحدادة .

شكل (١٥) خامة معدنية معدة للتشكيل

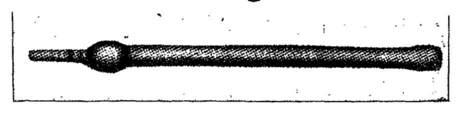
ويبين شكل (١٦) قوالب تجاويفها مشكلة تشكيلا مضبوطا لتشطيب هيكل مكنة



شكل (١٦) قوالب التشكيل النهائى تتبين فيها فجوات وثنايا

للبرشمة . ولا يلزم بعد حدادة هذا الجزء وقطع زعانفه إجراء أية عملية تشكيل بالمكنات سوى ثقب ثقبى السرتين عند النهايتين .

ويبين (شكل ١٧) عملية الخصر ، وهى أول عملية من عمليات الحدادة . وتنقص هذه العملية من مساحة مقطع المعدن ، فتزيد فى طوله إلى الطول المطلوب ،

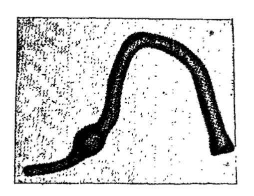


(شكل ١٧) عملية الخصر الأولى

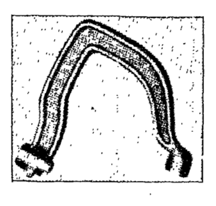
بينما يتجمع المعدن عند النهايتين لتكوين السرتين. ويلاحظ فى هذه العملية استطالة فى ألياف البنية .

ويبين (شكل ١٨) المعدن بعد تشكيله بالثنى ليطابق شكل تجاويف وثنايا قوالب التشطيب . والغرض من ثنى المعدن هو تجنب انكسار ألياف البنية عند أى نقطة على طول القطعة .

وآخر عملية حدادة هى تشكيل المعدن المثنى فى قوالب التشكيل النهائى المضبوطة . وتزال الزعانف التى حول الجزء المطروق فى قوالب تهذيب الأطراف



(شكل ١٨) المعدن بعد الثنى



(شكل ١٩) المطروق بعد تهذيب الأطراف

ولا يبقى سوى عملية ثقت ثقبي السرتين عند النهايتين لاتمام القطعة استعداداً لاستعمالها.
وإذا وزعت عمليات الحدادة بطريقة صائبة وصممت قوالب التشكيل المقفلة بدقة تصبح لمنتجاتها مقاومة كبيرة إذا تعرضت للاستعمال العنيف . ويتحقق تجميع أو تركيز ألياف البنية فى المعدن إلى كتلة كثيفة فيها المقاومة والمتانة بضربات سريعة بالمطرقة . والمنتج الذى يشكل بهذه الطريقة له مقاومة كبيرة للصدمات ومقاومة لإجهادات الإلتواء التى تتعرض لها القطعة فى أثناء الاستعمال . وتقلل خطوات الحدادة السابق شرحها من كمية المعدن لأن نسبة مقاومة القطعة إلى وزنها نسبة عالية . كما أنه لايلزمها عمليات تشطيب بمكنات التشغيل ، ويبين (شكل ١٩) المطروق النهائى بعد إزالة الزعانف .

مراداة الأجزاء المعرضة للصدمات و للأحمال تسبب تعب وكلال المعدن

يجب أن تصنع القطع التى تتعرض للإجهادات المعقدة التى تنشأ عن الصدمات، وكذلك للإجهادات المتذبذبة المتغيرة والأحمال المترددة المنعكسة من معادن جودتها عالية . ويجب عند تصميم وإنتاج مثل هذه المطروقات اتباع القاعدة الآتية :

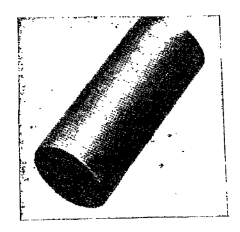
« يجب الحصول على أقصى مقاومة من وزن المعدن الموجود » . ويُنصح بصنع أجزاء الأليات وأجهزة التحكم والإدارة التى تتعرض لإجهادات عالية والتى تعمل دون توقف أو انقطاع بتشكيلها بأساليب الحدادة . وخصوصاً إذا توقفت على كفاية أدائها سلامة الأشخاص . وأساس هذه التوصية والنصح هو أن خواص المطروقات الميكانيكية التى تتوقف على مطولية المعدن (قدرة المطروقات على الاستطالة والتناقص فى مساحة المقطع ومقاومة إجهادات الصدمات ... الخ) تتحسن فى الاتجاه الطولى إذا استعملت على الساخن مع بقائها ثابتة تقريباً فى الاتجاه العرضى . كما يظل كل من الحد الأقصى لمقاومة الشد ومقدار إجهاد الخضوع ثابتا فى الاتجاه الطولى والاتجاه العرضى على السواء .

وتكرار الإجهادات المترددة يسبب فى آخر الأمر تعباً وكلالا فى المعدن إلا إذا عومل حراريا بطريقة صحيحة . وإذا تعرض جزء لمثل هذه الإجهادات

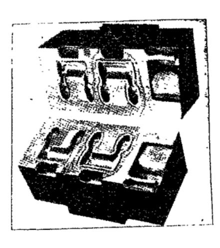
فإن المنطقة التى تقع عليها الأحمال المترددة تقع تحت تأثير الشد تارة والضغط تارة أخرى .وإذا شكل الجزء بالحدادة باستخدام وسائل الحدادة المضبوطة واستخدمت قوالب جيدة التصميم أصبح لبنية المطروق تكوين ليفى سليم . وإذا لم تستوف جميع هذه الاشتراطات يتعرض فى أثناء الاستعمال الجزء المطروق للكسر والانهيار لأى عيب خفى غير ظاهر منه . ويجب تجنب توليد الأركان الحادة عند تصميم المطروقات على قدر المستطاع،لأن هذه الأركان هى أكثر مسببات الإنهيار والإنكسار إثر تعب وكلال المعدن .

ويبين شكل (٢٠) خامة للتشغيل معدة لتشكيل توصيلة عربة بالحدادة من خامة قضيب إسطوانى . بعد تسخين الخامة إلى حالتها العجينية يسحب جزء مناسب منها ليسهل تماسكه بالقط عند أداء عمليات الحدادة التالية وتصبح القطعة معدة للتشكيل بالقوالب .

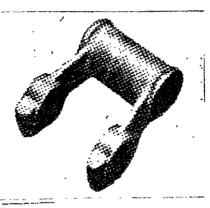
يصمم قالب تشكيل واحد لإجراء جميع عمليات الحدادة لتشكيل الجزء المطلوب بحيث يحدث توزع المعدن بطريقة تبقى خطوط انسياب بنيته دون تغير حتى تزداد مقاومة المعدن للإجهادات . وإذا اتبعت خطوات الحدادة بالقوالب لتتحقق هذه النتائج ، يصبح للجزء المنتج أقصى مقاومة للإجهادات عند استعماله . ويبين شكل (٢١) القالب المستخدم فى حدادة توصيلة العربة .



شكل (٢٠) خامة معدنية



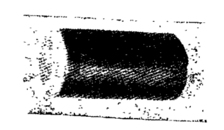
شكل (٢١) قوالب تشكيل مقفلة

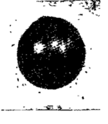

شكل (٢٢) القطعة بعد تشكيلها النهائى

وبعد سحب الجزء المعد لإمساك الخامة وهى ساخنة باللقط ، تجرى أول عملية تشكيل لتحديد نهاياته أو أطرافه ليناسب القالب ، ثم تثنى نهايتا الخامة لتتكفيا لملء فراغات القالب فى المواضع التى تتشكل فيها أجنحة التوصيلة . ويتم فى هذه المرحلة توزيع المعدن توزيعا يكون ألياف البنية حسب المطلوب،ثم تجرى عملية التشطيب فى قوالب ،ويخرج الجزء بالشكل والسطح المشطب المطلوبين ، وبذلك تقل كمية عمليات التشغيل بالمكنات وكذلك عمليات التشطيب عالية التكاليف ، إلى أقصى حد . كذلك يتم فى قوالب التشطيب زيادة جودة المعدن الضرورية ليصبح عند الاستعمال متينا ، ويقاوم الإجهادات إلى أقصى حد مستطاع . ويلى هذا عملية تهذيب الأطراف على الساخن لإزالة الزعانف التى تتكون فى أثناء عمليات التشكيل بالحدادة . ويبين شكل (٢٢) القطعة بعد تهذيب أطرافها . وتزن هذه القطعة (١٤ رطلا) .

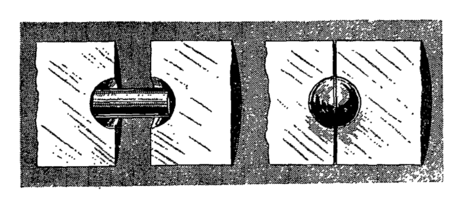
تشكيل كريات كراسى دوران من الصلب بالحدادة

التشكيل بالحدادة على الساخن أو على البارد هو أول عملية يخرج بعدها الصلب على شكل كرية . وتستخدم الحدادة على الساخن فى تشكيل الأحجام المميزة . لتشكيل كريات الصلب بالحدادة ، يقطع سلك من الصلب بقالب قطع خاص ثم تشكل


شكل (٢٣)
قطعة من السلك مهيأة للتشكيل لتصير كرة صغيرة (كرية)


شكل (٢٤)
الكرية بعد التشكيل الأول

قطع السلك الصغيرة إلى شكل كروى تقريباً، وتظهر واحدة منها فى (شكل ٢٣) وهذا الشكل يبين جزئى قالب فى كل منهما تجويف على هيئة نصف كرة، وتضبط أبعاد قطر وطول قطعة السلك حتى تتشكل الكريات بأقل ما يمكن من الزوائد أو الزعانف . ويبين (شكل ٢٤) الكرة بعد تشكيلها الأول . ويبين (شكل ٢٥) قالب التشكيل المستعمل فى ذلك .



(شكل ٢٥) قوالب التشكيل

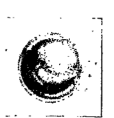
وبانتهاء عملية التشكيل هذه تجتاز الكرية مرحلة هامة من مراحل إنتاجها، وتتولد من هذه العملية إجهادات داخلية فى الكرية يجب إزالتها بمعاملتها حراريا، بتسخينها فى أفران خاصة ثم تبريدها ببطء إلى درجة الحرارة العادية .

ثم تجلخ الكرية بعد المعاملة الحرارية تجليخا ابتدائيا فى مكنات تجليخ خاصة (بدون ذنبة) بوضع الكرية ملتصقة بجانب عجلة التجليخ بوساطة ترتيبة خاصة ضاغطة ، فتدور الكرية فى عكس اتجاه عملية التجليخ فى مسار يساعد على تسوية سطح عجلة التجليخ باستمرار . وتخرج الكرية بعد هذه العملية غير كاملة التكور بتفاوت فى قطرها مقداره بعض أجزاء من الألف من البوصة ، كما يزيد حجمها عن الحجم المطلوب كثيرا .

ويتلو هذا عملية معاملة الكريات حراريا معاملة مضبوطة لتصبح فى منتهى الصلادة مع متانة كبيرة . وهذه العملية عبارة عن تسخين الكريات تسخينا منتظما

إلى درجة حرارة معينة مضبوطة . ثم تسقى فى الزيت أو الماء حسب حجم الكريات. ثم بعد ذلك تجرى عليها عملية مراجعة فى فرن كهربى .

ثم تختم عمليات صنع الكريات بتجليخها نهائيا وتحضينها ثم تلميعها . ويلزم التفتيش على الكريات بعد ذلك تفتيشا دقيقا قبل استعمالها . يبين شكل (٢٦) شكل الكرية .

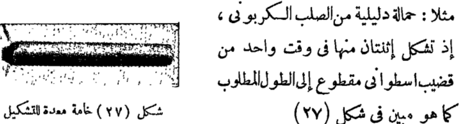


شكل (٢٦)
الكرية فى حالتها المنتهية بعد التشطيب

تشكيل قطع غير منتظمة الشكل (عدد منها فى آن واحد)

تحقق حدادة عدة أجزاء فى آن واحد اقتصادا فى المعدن ، كما تحقق تشكيلا جيدا على الساخن خصوصا إذا كان شكل القطع مناسبا لتشكيل جزء أو جزئين فى وحدة واحدة . وتفضل بطبيعة الحال القطع المختلفة فى عملية تهذيب الأطراف وفصل الزعانف . وتزيد عملية تشكيل عدة قطع فى آن واحد فى سرعة الإنتاج كما تسهل عملياته ، إذ تجمع هذه القطع ذات الأشكال غير المنتظمة لتكون مجموعة متناسبة بحيث تسهل تصميم قوالب التشكيل. وكثيرا ما تحقق هذه الطريقة اقتصادا فى كمية المعدن ، كما تقلل من تآكل القوالب فتطيل حياتها النافعة . وتستعمل كثيرا طريقة تجميع القطع التى يمكن أن تتوافق فى وحدة واحدة للاقتصاد فى تكاليف التشغيل . ومن المؤكد أن تجميع مثل هذه القطع فى وحدات يزيد فى سرعة الإنتاج دون المساس بجودته .

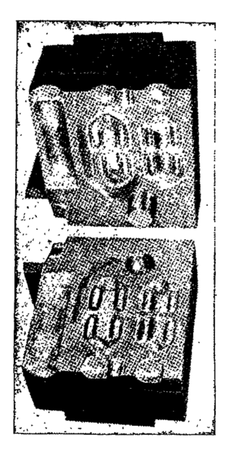
وتستعمل طريقة تجميع القطع فى وحدات بنجاح فى إنتاج منتجات كثيرة منها مثلا : حمالة دليلية من الصلب الكربونى ، إذ تشكل إثنتان منها فى وقت واحد من قضيب اسطوانى مقطوع إلى الطول المطلوب كما هو مبين فى شكل (٢٧)



شكل (٢٧) خامة معدة للتشكيل

ويبين شكل (٢٨) قالبا تظهر فيه تجويفات وثنايا التشكيل اللازمة لتشكيل حمالتين دليليتين فى آن واحد .

وتجرى العمليات الحرارية اللازمة بعد تسخين القضيب إلى درجة حرارة الحدادة المعينة بالضبط. والعملية الأولى عبارة عن تكسيح القضيب المسخن لتحديد الأطراف، لإعداد نهايتيه لتشكيل السرتين ولترك كمية كافية من المعدن فى وسط القضيب لتشكيل القنوات والمشقبيات .



(شكل ٢٨) قوالب تشكيل مقفلة

ثم تجرى العملية التالية داخل القالب . وبذلك يوزع المعدن توزيعاً منتظماً فيملأ فراغات القالب دون أن يتغير اتجاه خطوط الإنسياب فى المعدن المطروق . وتشكل القطع فى هذه العملية تشكيلا إبتدائياً .

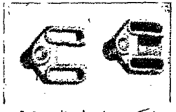
وتنتهى إلى شكلها النهائى المضبوط الأبعاد، فى فراغات قالب التشطيب . وتخرج القطع بعد هذه العملية بسطوح جيدة تقلل من عمليات التشغيل بالمكنات إلى أدنى حد . ويبين شكل (٢٩) القطعتين المشكلتين . وتلاحظ الزوائد والزعانف حولها .

وتزال الزوائد أو الزعانف على البارد فى مكبس تهذيب الأطراف . وبعد إزالة الزعانف يزال المعدن من حول المشقبيات (المجارى) والنتوآت بالتخريم بالسنبك على البارد، ثم يثقب ثقب الوسط ويكيف بعملية تكييف الثقوب . ويوزع المعدن توزيعاً منتظما فى أثناء العمليات الأولى، فيحقق أقصى متانة فى الجزء لمقاومة الإجهادات

العالية فى أثناء الاستعمال . ويبين الجزء الأيمن فى شكل (٣٠) القطعة بعد إزالة الزوائد والزعانف عنها ، ويبين الجزء الأيسر القطعة بعد إزالة المعدن من المشقبيات (المجارى) باستعمال السنبك على البارد .



(شكل ٢٩) مطروقات عملية التشكيل النهائية .

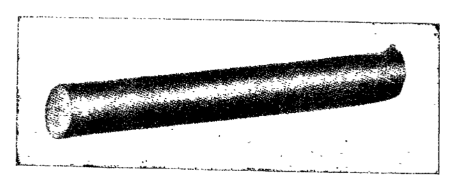


(شكل ٣٠) مطروقات منتهية

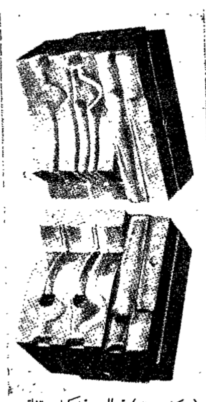
تشكيل القطع المنحنية والقطع التى بها بروزات ونتوءات بالحدادة

يلزم لتشكيل القطع التى تحتوى على إنحناءات وبروزات ونتوءات،استخدام قوالب تشكيل مصممة تصميما دقيقاً . كما يلزم لتشكيلها وسائل من نوع خاص . ومثال لذلك يد إدارة ، شكلت بأساليب الحدادة العادية . وتبين الصور المرفقة عمليات الحدادة التى تلزم لتشكيل هذه اليد . ويجب تخطيط العمليات بدقة ، بحيث يملأ المعدن المسخن فجوات القالب تماماً ،وبحيث يتكون فى أثناء التشكيل ، انسياب للألياف غير منقطع ، فى المناطق التى تتعرض للإجهادات العالية عند الاستخدام . ويقع أحد مواضع هذه الإجهادات فى الزاوية القائمة التى فى يد الإدارة هذه .

ويبين (شكل ٣١) خامة معدنية اسطوانية ، قطرها ١ر٢٥ بوصة ، يكفى طولها



(شكل ٣١) خامة من المعدن


(شكل ٣٢) قوالب تشكيل مقفلة

لصناعة ثلاث قطع . ويبين (شكل ٣٢) قالب التشكيل الوحيد المصمم لحدادة هذه اليد .

وتشكل القطعة فى الفجوات الأربع ، التى فى قوالب التشكيل المقفلة ، وتجرى عمليات الحدادة بالترتيب الآتى :

يبطط القضيب المسخن أولا لتشكيل جزء القطعة الرقيق ، بينما يركز المعدن الزائد لتشكيل السرة العليا فيما بعد ، ثم يلى هذا ، عملية الخصر ، لإطالة القضيب لتشكيل الساق وطرف اليد ، ويكتل المعدن فى ثالث عملية أى تشكل القطعة ، وتتكون زاوية اليد القائمة دون مساس باستمرار إنسياب الألياف فى بنية المعدن .

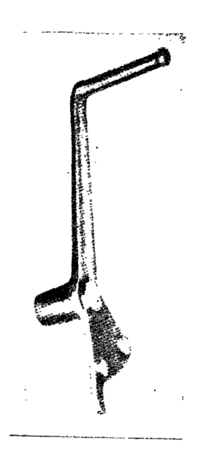
ويبين (شكل ٣٣) القطعة بعد العملية الرابعة ، التى ينتج منها الشكل والحجم النهائى والتشطيب السطحى المطلوب ، وذلك فى قالب تشكيل التشطيب النهائى . ثم تزال الزعانف المتكونة من عصر المعدن بين سطحى القالبين ، عند إمتلاء فجوات القالب بالمعدن ، وذلك باستخدام قوالب تهذيب الأطراف فى مكبس خاص .

ويستعدل ذراع اليد بعد إزالة الزعانف لإنهاء عمليات الحدادة . ولا يلزم الجزء المطروق تشغيل أو تشطيب كثير بالمكنات ، إلا فى صنع الثقوب . وتحقق طريقة تصميم قوالب التشكيل المقفلة ، بقاء خطوط الإنسياب مستمرة دون إنقطاع ، إلى نهاية عمليات الحدادة والتشكيل . وعمليات الحدادة تحسن المعدن فى جميع الاتجاهات، وتبقى فيه متانته لمقاومة أقصى إجهادات يتعرض لحدوثها فى أى موضع

منه فى أثناء الاستعمال . ويبين (شكل ٣٤) المطروق النهائى بعـــد تهذيب أطرافه واستعداله .



(شكل ٣٣)
التشـكيل النهـائى



(شكل ٣٤)
نفس المطروق بعد تهذيب الأطراف

أسئلة للمراجعة

١ — صف بإيجاز العمليات الميكانيكية المتتابعة ، التى تلزم لحدادة ذراع توصيل فى محرك ديزل ، هذه الذراع مبينة فى الأشكال (١ — ٢ — ٣ — ٤ — ٥) من هذا الباب .

٢ — صف بإيجاز العمليات المتتابعة الباقية لحدادة ذراع التوصيل المبينة فى الأشكال (٦ — ٧ — ٨ — ٩ — ١٠) من هذا الباب .

٣ — ما هى الوسيلة المستعملة فى حدادة أجزاء بها ثقوب وفجوات عميقة ؟

٤ — صف بإيجاز عمليات الحدادة المتتابعة لتشكيل جزء به ثقوب وجيوب وفجوات ، هذا الجزء مبين فى أشكال (١١ — ١٢ — ١٣ — ١٤) من هذا الباب .

٥ — صف بإيجاز عمليات الحدادة المتتابعة لتشكيل قطعة بها أجزاء رقيقة ، وهذه القطعة مبينة فى الأشكال (١٥ — ١٦ — ١٧ — ١٨ — ١٩) من هذا الباب .

٦ — أذكر بعض ما ينصح به لحدادة أجزاء تتعرض لإجهادات صغيرة منعكسة متكررة .

٧ — صف بإيجاز عمليات الحدادة المتتابعة لصناعة توصيلة عربة ، وهذه مبينة فى الأشكال (٢٠ — ٢١ — ٢٢) من هذا الباب .

٨ — صف بإيجاز عمليات الحدادة المتتابعة لصنع كرية من كريات محاور الدوران مصنوعة من الصلب . وهذه مبينة فى الأشكال (٢٣ — ٢٤ — ٢٥) من هذا الباب .

٩ — صف عمليات المعاملة الحرارية اللازمة فى صنع كريات الصلب ، وكذلك عمليات التشطيب الأخرى .

١٠ — ناقش إمكانيات تشغيل عدة قطع غير منتظمة الشكل فى آن واحد بوسائل الحدادة .

١١ — ما الاشتراطات المطلوبة لتخطيط عملية تجميع وحدادة قطع مختلفة ؟

١٢ — صف بإيجاز عمليات الحدادة المتتالية لحدادة عدة قطع فى آن واحد وهذه القطع مبينة فى الأشكال (٢٧ — ٢٨ — ٢٩ — ٣٠) من هذا الباب .

١٣ — إذكر بعض الإرشادات التى يجب إتباعها لحدادة قطع منحنية بها بروزات ونتوءات وأجزاء منثنية .

١٤ — صف بإيجاز عمليات الحدادة المتتابعة لحدادة (يد إدارة) ، وهذه مبينة فى الأشكال (٣١ — ٣٢ — ٣٣ — ٣٤) من هذا الباب .

الباب السابع

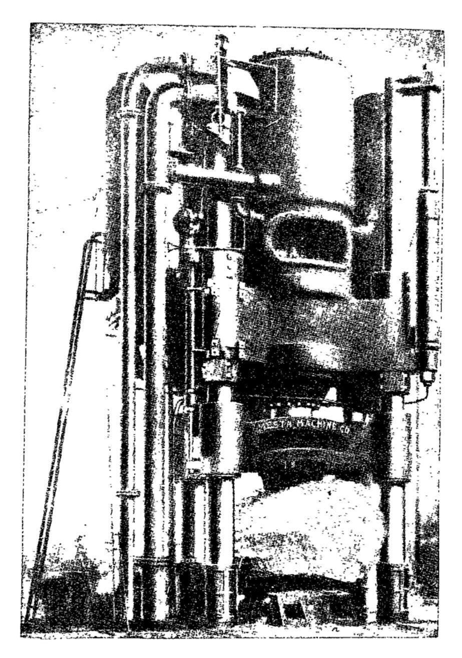
الحدادة بالضغط

عمليات الحدادة بالضغط باستخدام القوالب المسطحة وقوالب التشكيل المقفلة

الحدادة بالضغط،عبارة عن عملية عصر بطيئة،لتشكيل المعدن العجينى إلى الشكل المطلوب . ويسمح ضغط المعدن البطىء بالانسياب المعجن . ويستمر هذا الإنسياب داخل المعدن بعمق كبير . ويتراوح الضغط على المعدن المسخن فيما بين (طن واحد و ٢٥ طنا على البوصة المربعة) . وتستعمل غالبا المكابس الهيدرولية فى هذه العملية . ويمكن تشكيل المطروقات الكبيرة نوعا بمكابس أصغر بكثير من المطارق الكبيرة اللازمة للتشكيل بالطرق . ويؤثر الضغط فى المعدن تأثيرا عميقا ، وهذا لازم فى التشكيل الجيد بالحدادة فيُشَغل الجزء الداخلى من مطروق كبير الجرم تشغيلا أجود مما لو استعملت المطارق فيه .

وتستخدم المكابس الهيدرولية فى حدادة الشبقات السداسية أو ثمانية الجوانب التى يصل وزنها أحيانا إلى (٢٥٠ طنا) . كما تستعمل هذه المكابس فى عمليات الكبس والتخريم والتثقيب الواسع فى الأجزاء الكبيرة ، وفى سحب الإسطوانات كبيرة الحجم الطويلة ، على الساخن . وتشمل عملية التثقيب الواسع إختراق شبق ساخن ، ثم تشكيله على ساق (شاقة) لتكوين إسطوانة مجوفة كما فى أنابيب المدافع وما يشابهها ، وأعمدة المرافق (الكرنكات) الكبيرة التى يصل وزنها أحيانا ٥٠ طنا ، وأعمدة الإدارة كبيرة القطر ، وقصان الغلايات (المراجل) ، ومدافع البحرية التى يصل قطرها إلى ١٦ً بوصة ، أمثلة للمطروقات الكبيرة التى يمكن تشغيلها بمكابس الحدادة الهيدرولية ، ويبين شكل (١)

شبق كبير من الصلب سداسى المقطع فى مكبس حدادة هيدرولى فى أثناء التشكيل . ويصل ضغط بعض المكابس الكبيرة المستعملة فى حدادة القطع الكبيرة إلى ما يزيد على ١٥٠٠ طن .



(شكل ١) تشكيل شبق وزنه ٢٠٠٠٠٠ رطل في مكبس حدادة هيدرولى

وتستعمل القوالب من النوع المفتوح غالبا فى أساليب التشكيل بالحدادة بالضغط . وتشكل القطع التى تشغل بالقوالب من النوع المفتوح ، بقوالب مسطحة أو قوالب بها مجار بسيطة ، أى إن هذه القوالب تخلو من الثنايا والنتوءات .

ويمكن استخدام عمليات الحدادة بالضغط فى إنتاج الأجزاء الصغيرة والمتوسطة الحجم ، ذات الأشكال البسيطة باستخدام قوالب التشكيل المقفلة . ولا يلزم لذلك إلا شوط واحد من رأس المكبس لتشكيل معين فى القالب . وتشكل هذه الثنايا والفجوات بالمكنات بحفرها فى سطح القالب . وتنتقل معظم طاقة مكبس الحدادة إلى المعدن ، فى حين تمتص المكنة وأساساتها معظم الطاقة فى حالة استعمال المطارق المتساقطة . ويمكن إنقاص حجم المعدن المطروق بعمليات الحدادة بالضغط ، فى مدة أقصر مما لو استعملت عمليات الحدادة المتساقطة . ويعتبر هذا من أهم مميزات الحدادة بالضغط . الأمر الذى يقلل من تكاليف اليد العاملة . ومنتجات الحدادة بالضغط ، أدق من منتجات وسائل الحدادة المتساقطة . ولكن مقابل ذلك فإن الحدادة المتساقطة أكثر اقتصادا فى إنتاج الأجزاء غير المنتظمة ، أو ذات الأشكال المعقدة . وتكون المكابس نفسها إما ميكانيكية أو هيدرولية . كما أنه يمكن تشكيل المعادن الحديدية وغير الحديدية بهذه الطريقة .

القطع المشكلة بقوالب التشكيل من النوع المفتوح

تصنع هذه المطروقات من القطع المشكلة بقوالب التشكيل ، باستعمال القوالب التى من النوع المفتوح ، فيضغط المعدن المسخن بين جزئى قالب التشكيل المسطحين ، أو الذى بهما مجرى بسيط على شكل (٧) ، أو على شكل نصف دائرة ، أو نصف بيضاوى . كما يمكن تشطيب وضبط أبعاد المنتجات باستخدام بلص أو آلات مماثلة تضغطها القوالب . وأهم مزايا هذه العملية هى مطاوعتها ومرونتها . وتنمى خواص المعدن الجيدة ، التى يمكن التحكم فيها بتخطيط عمليات الحدادة ، بحيث ينتج عنها أجود مجموعة من الخواص المفيدة ، كما تعين كمية واتجاه تشغيل المعدن على الساخن ،

خواص المعدن التى تحقق أقصى فائدة عند الاستخدام وتقدر الخواص الميكانيكية لهذه القطع عادة باختبار عينات خاصة ، تؤخذ من مواضع معينة بجسم المطروقات .

وتنتج المطروقات بالقوالب المفتوحة ، بإحكام وأشكال متعددة بالطريقة السابق وصفها . وتخصص هذه المطروقات للاستعمال فى الصناعات المختلفة ، فى الأحوال التى تكون فيها أكثر ملاءمة من المطروقات المشكلة بقوالب التشكيل من النوع المقفل . وتشغل بعض المطروقات المخصصة لأغراض خاصة ، مثل الكتل التى تصنع فيها قوالب التشكيل (خامة قوالب التشكيل) . ويختار المنتج أنسب وسائل التشكيل والتشغيل وطرقها مستندا إلى خبرته ، لإنتاج قطع تؤدى عملها المخصصة له على أتم وجه . ويبين شكل (٢) إحدى خطوات تشكيل خامة قالب من قوالب التشكيل. ولا تستخدم إلا أجود أنواع الصلب فى إنتاج خامة هذه القوالب .



(شكل ٢) تشكيل خامة قالب تشكيل

وتصنع خامة القوالب عادة من صلب الأفران الكهربية . وتزن شبقات الصلب التى تصنع منها عادة فيما بين (٣ و ٢٠ طنا) مقطعها مربع ، وأركانها مستديرة . وتحول الشبقات إلى كتل مبططة وكتل مربعة ومسطحات ، ثم يعاد تسخينها ودرفلتها إلى شكلها النهائى . وتجرى التحليلات الكيماوية والاختبارات الفيزيائية ، على كل سبكة من الصلب ، قبل تحويله إلى خامة لقالب التشكيل . وتشمل عمليات التحويل الأولى ، الحدادة بالضغط أو الكبس ، لينساب المعدن فى ألياف فى الكتل مما يحسن خواصه الفيزيائية . وتضبط عملية تبريد خامة القالب بعد عمليات الحدادة بطريقة علمية ، لإقلال إحتمال حدوث تشققات أو تفلقات حرارية فيها ولإعدادها لعمليات المعاملة الحرارية التى تلى ذلك . والتحكم الدقيق فى المعاملة الحرارية ضرورة لابد منها حتى تتغلغل الصلادة وتتناسق فى المعدن . ويبين شكل (٣) جزئى قالب تشكيل من النوع المفتوح ، منتهية ومشطبة ومصلدة (مقساة) ومراجعة حراريا . صُنع هذا القالب بتشكيل كتل من صلب السبائك باستعمال قوالب التشكيل من النوع المفتوح .



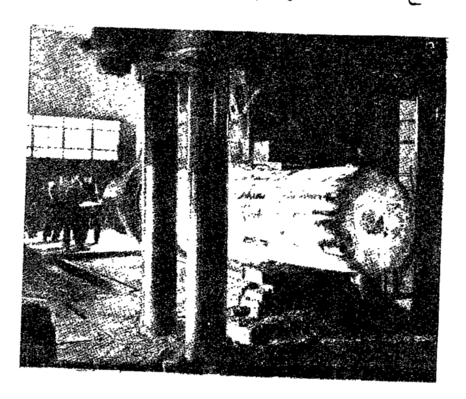
(شكل ٣) جزئى قالب من قوالب التشكيل
من النوع المفتوح

ويجب أن تصنع المطروقات عالية الجودة والمخصصة للاستعمال الثقيل من صلب السبائك الخاص . كما يجب توافر الخبرة الفنية والوسائل الحديثة لاستيفاء الشروط سالفة الذكر . وتستعمل مطروقات مصنوعة من سبائك الكروم والنيكل والموليبدنوم ، أو ما يماثلها لقدرتها على مقاومة الاجهادات العالية ، ولتحملها

للمؤثرات التى تستولد تعب المعادن وكلالها ، التى تتعرض لها فى المكنات الثقيلة الحديثة . وتصنع هذه المطروقات فى مكابس هيدرولية تعمل بضغوط تتراوح فيما بين (٣٠٠ و ٢٠٠٠ طن ويزيد) لاستخدام قوالب من النوع المفتوح .

ويجب إتخاذ جميع الإحتياطات ، للتأكد مما يحدث داخل الشبقات وغيرها من الكتل التى تحت التشغيل ، لذلك تعامل حراريا بطريقة مضبوطة بعد عمليات التشغيل على الساخن . وتشمل المعاملة الحرارية تخمير المطروقات قبل تشغيلها بالمكنات ، ثم تصليدها (تقسيتها) بعدالتشغيل ، بسقيها فى الزيت أو استعدال بنيتها فى الهواء ، تبعا للمواصفات الموضوعة لنوعها . ويبين شكل (٤) مكبس حدادة قدرته (٢٠٠٠ طن) فى أثناء تشكيل عمود ترتيبة تروس لتخفيض السرعة من شبق قطره ٥٤ بوصة .

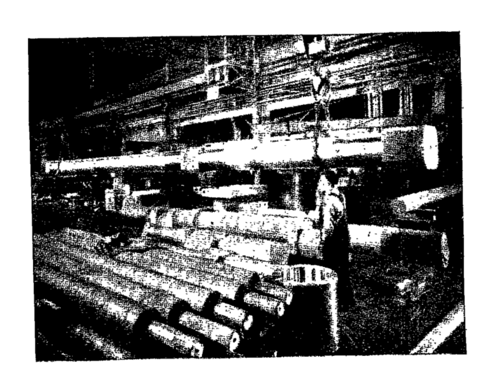
وتصنع مطروقات كثيرة من صلب عالى الجودة ، بالقوالب المفتوحة ، كالأوعية



(شكل ٤) مكبس حدادة قدرته ٢٠٠٠ طن

وقصان اسطوانات المحركات أوالكباسات المستعملة فى عمليات الشبقات ، وأعمدة مرافق مكابس تهذيب الأطراف ، ومكابس التخريم ، ومكابس التشكيل ، وكباسات مكنات تشكيل المسامير ، والمحركات والمضخات ، وأعمدة دوران جميع أنواع المكنات الثقيلة ، وأعمدة أعضاء التأثير فى المكنات الكهربية ، وأعمدة دوران التروس الكبيرة الثقيلة ، وأعمدة إسطوانات الدرفلة وخاصة قوالب تشكيل اللدائن ، والقوالب الخام وقوالب التشكيل بالسباكة ، ومحاور عجلات القاطرات ، وأعمدة المرافق ، وأعمدة الكباسات . ويتراوح وزن هذه المطروقات فيما بين بضعة أرطال وخمسين طنا .

ويبين شكل (٥) أمثلة لعدة مطروقات ثقيلة ، معدة للتشطيب فى ورش مكنات التشغيل . وتحوى الصورة عمود حركة طوله (٤٨ قدماً) خاص بكراكة حفر ، وعمود مرفق ثنائى لمكبس تشكيل ثقيل عومل حراريا ، ومرفق مكنة



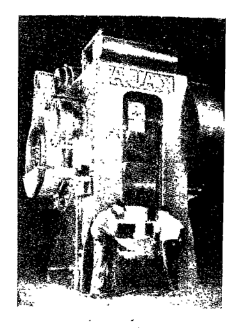
(شكل ٥) مطروقات كثيرة مختلفة

حدادة مقاسه (٥ً بوصات) ومجموعة من درافيل تجفيف مكنة غسيل ، وقميص حمالة درفيـــل .

مكابس الحدادة الميكانيكية الهيدرولية

تستعمل هذه المكابس فى إنتاج كثير من المطروقات المختلفة ، لاسيما المطروقات الصغيرة المتماثلة الجوانب ، التى تصنع من الصلب أو من المعادن غير الحديدية الأخرى ، التى لا تقاوم التشكيل كثيراً وهى فى الحالة اللينة العجينية . كما تصلح هذه المطارق لإجراء عمليات ضبط أبعاد أنواع مطروقات الصلب ، السابق تشكيلها بالمطارق المتساقطة ، وبمكنات التشكيل بالحدادة . فبينما تشكل نسبة كبيرة من المطروقات بالحدادة المتساقطة فإن كثيراً من المنتجات يمكن تشكيلها بمكابس الحدادة ومكناتها ، وكذلك مكنات التنفيخ . وهذا النوع الأخير من المكنات مشروح بالتفصيل فى الباب التالى . وتستعمل مكابس الحدادة ومكناتها فى تشكيل المطروقات عند ما يرى مهندس الحدادة أنه من المناسب استعمال هذه المعدات لإنتاج أجود المنتجات وأكثرها إقتصاداً . وتتعين الوسيلة التى يجب إتباعها فى تشكيل المطروقات بعوامل مختلفة ، مثل حجم المنتج وشكله وعدد خطوات الإنتاج، وتكاليف الآلات اللازمة للأداء ، هذا زيادة عن عوامل أخرى . ولعملية الحدادة بالضغط ، نفس مميزات الحدادة بقوالب التشكيل المقفلة ، من حيث تحسين خواص المعدن . كما أن منتجاتها فى نفس المستوى العالى ، الذى لمنتجات المطرقة المتساقطة التى يشيع استعمالها .

وتصمم مكابس الحدادة الميكانيكية، بحيث تكون جسيئة ومحاورها على استقامة واحدة، فى تواز وضبط، لتصلح للتشغيل السريع . وتتراوح أحجامها فيما بين (٥٠٠ طن و ٦٠٠٠ طن)، ويبين شكل (٦) مكبس حدادة ،ميكانيكيا سريعا، قدرته (٢٠٠٠ طن) إنتاج شركة (أجاكس) فى أثناء التشغيل . وهذا المكبس مصمم خصيصاً لإنتاج عدد كبير من المطروقات ، بقوالب التشكيل المقفلة . ويصح أن تكون هذه المطروقات



(شكل ٦)
مكبس حدادة ميكانيكي مربع قدرته ٢٠٠٠ طن

من الصلب أو الأليومنيوم أو المغنسيوم أو النحاس الأحمر أو النحاس الأصفر أو السبائك التى لاتصدأ . والمكبس مجهز بقابض قوى يعمل بالهواء المضغوط ، ويظهر على اليمين مركب مباشرة على العمود الرئيسى للإدارة المنحرفة عن المركز . ويعمل المكبس بسرعات تشغيل أعلى وضربات متوالية ، وهى سريعة العمل والإنتاج أكثر من غيرها .

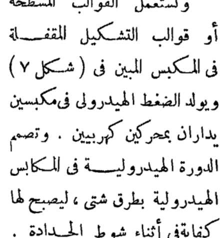
ولهذا القابض الذى يعمل بالهواء المضغوط ، عدة أقراص إحتكاك . ويعمل بطريقة مباشرة سريعة سهلة ، ويحرك برافعة تعمل بضغط القدم . وتصميم هذا القابض ، الذى يقصد منه التجاوب السريع ، يمكن من أداء عدة عمليات حدادة بعد تسخين المعدن مرة واحدة لا غير ، وهذا مما يزيد فى إنتاجه . وتنتقل القدرة المحركة ، التى تتولد من المحرك من الحدافة إلى عمود الكبس الخلفى عن طريق سرة الأمن التى بالحدافة ، وتعمل بالاحتكاك فتنزلق عند زيادة عزم الالتواء ، قبل أن يحدث للمكبس أى ضرر ، إذا زاد الحمل أو إذا وقع أى حادث معطل أثناء العمل .

ويمكن مقارنة مكابس الحدادة ، بمطارق الحدادة المتساقطة البخارية ، أو ذات اللوح ، من حيث قدرة كل ، بضرب قدرة مكابس الحدادة الإسمية بالطن فى معامل (٢ أو ٢½) . ومكبس الحدادة المبين فى شكل (٦) ، يعادل مطرقة بخارية قدرتها (٤٠٠٠ رطل) أو مطرقة متساقطة ذات اللوح قدرتها (٥٠٠٠ رطل) . ومنتجات مكابس الحدادة ، تعادل منتجات وسائل الحدادة الأخرى ، من حيث الدقة والجودة .

وتجنى فوائد كثيرة زيادة عما تقدم، مثل زيادة تحمل ومتانة المشغولات، إذا سخنت بالوسائل المحسنة، باستعمال التأثير الكهربى للتسخين، وبالتحكم فى جو التسخين . وتتلخص طريقة التسخين بالتأثير الكهربى فى وضع المعـــدن فى فرن التأثير، وإمرار تيار عالى التردد فى ماسورة من النحاس الأحمر تبرَّد بالماء، وهذه الماسورة فى الواقع هي الملف الإبتدأئى فى المحول، فيمر تيار قوى فى المعدن الذى يعتبر فى هذه الحالةملف ثانوى، فترفع مقاومة المعدن للتيار الكهربى السارى فيه درجة حرارته. ويمكن ضبط درجة الحرارة المطلوبة بالتحكم فى مدةسريان التيار فى المعدن . ويصمم الفرن بطريقة ما، بحيث يمنع المعدن المسخن من ملامسة الأكسيجين الذى يحتوى عليه الهواء المحيط . وتملأ بعض هذه الأفران بغازات مختزلة، مثل أول أكسيد الكربون، أو الأيدروجين، فتحيط بالمعدن المسخن وتمنعه من التأكسد الذى يكوِّن طبقة من أكسيد الحديد على سطحه .

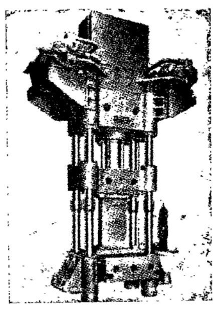
وتتحسن نتائج التشغيل بالحدادة باستعمال الضغط الهيدرولى لإزالة طبقة أكسيد الحديد، وكذلك باستخدام قوالب من الصلب تزيد صلادتها عن المعتاد . ويمكن استعمال قوالب صلادتها عالية مع مكابس الحدادة لأنها لا تولد صدمات عند التشغيل . وتستخدم مكابس الحدادة لسك المشغولات والمطروقات والمشكلات على الساخن أو على البارد التى سبق إنتاجها بوسائل الإنتاج السريع الأخرى، وهذا يقلل من تكاليف الإنتاج .

وتعمل رءوس المكابس الهيدرولية المستخدمة فى الحدادة بالضغط على مائع من الموائع المختلفة. ويستعمل الزيت عادة فى المكابس الحديثة، كما تستعمل موائع أخرى مثل الماء فى بعض الحالات. كما يستعمل البخار للوصول إلى الضغط اللازم لتحريك المكبس . ولزيادة سرعة التشغيل، تصمم الدورة الهيدرولية بحيث يرجع المكبس بسرعة بعد شوط الحدادة، بينما تكون سرعته بطيئة نسبياً فى أثناء الضغط للتشكيل بالحدادة ذاتها. ويمكن التحكم فى طول الشوط، وكذلك فى ضغط المكبس . وتصمم بعض المكابس ليرجع المكبس تلقائياً (أتوماتيا) عند بلوغ أى ضغط معين .



ويبين (شكل ٧) مكبس هيدرولى قدرته (١٠٠٠ طن) وطول شوط مكبسه (٤٢ً بوصة) .

وتستعمل القوالب المسطحة أو قوالب التشكيل المقفلة فى المكبس المبين فى (شكل ٧) ويولد الضغط الهيدرولى فى مكبسين يداران بمحركين كهربيين . وتصمم الدورة الهيدروليـة فى المكابس الهيدرولية بطرق شتى ، ليصبح لها كفاية فى أثناء شوط الحدادة . وفى كثير من المكابس يصل ضغط الزيت إلى إسطوانة المكبس الرئيسية من مضخة (طرمبه) زيت . ويتسرب الزيت عن طريق صمام الرجوع الموصل بالإسطوانة . ويبقى صمام آخر مفتوح فى أثناء نزول ورجوع المكبس بسرعة ، يسرى الزيت بين الإسطوانة الرئيسية والخزان . ويستعمل الزيت فى كثير من المكابس الهيدرولية الحديثة، إلا أن الماء يستعمل فى المكابس الكبيرة التى يلزم فيها تركيم الضغط فى خزانات أو إسطوانات التركيم الملحقة بالمكابس .



(شكل ٧) مكبس هيدرولى قدرته (١٠٠٠ طن) وطول شوط مكبسه (٤٢ً بوصة)

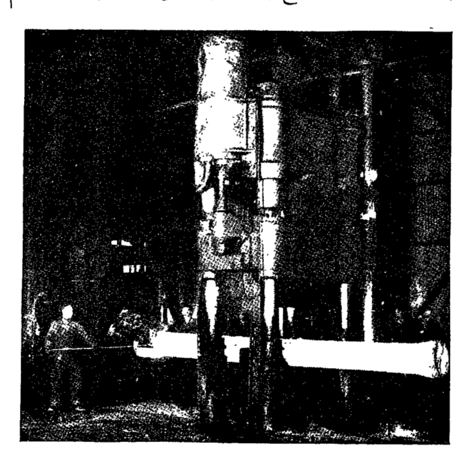
وأحدث التطورات فى هذا المجال ، هو استعمال مكبس ميكانيكى من النوع ذو الاولب مع الضغط الهيدرولى لتحريك المكبس عن طريق حدافة أو دوارة ، فستخدم الطاقة المخزونة فى الحداقة فى شوط النزول . وبهذه الوسيلة يحدث نزول ورجوع سريعان ، فيزيد إنتاج المطروقات كثيرا .

حدادة القطع الكبيرة بمكابس الحرارة

يفضل استعمال المكابس الهيدرولية والميكانيكية الكبيرة عن استعمال مطارق الحدادة الكبيرة فى تشكيل القطع الضخمة . وأهم مايميز المكابس الهيدرولية

أن إهتزازاتها أقل من إهتزازات مطارق الحدادة الكبيرة ، وضغط المكابس الهيدرولية بالعصر ، بخلاف المطارق التى تضغط بقوة الصدمة . وتتراوح أحجام المكابس الهيدرولية فيما بين (٥٠٠ طن وما يزيد على ١٥٠٠ طن) وتبين هذه الأرقام أقصى ضغط تولده المكابس .

وتستعمل شبقات الصلب الكبيرة ذات المقاطع المستديرة ، أو المربعة أو المسدسة ، والتى تبلغ مساحة مقطعها (٤٠ قدما مربعا) فى المكابس الهيدرولية الكبيرة ، لإنتاج أعمدة الإدارة فى المحركات الكبيرة والمولدات التربينية ومحاور التربينات، ومواسير مدافع البحرية، وأعمدة إدارة رفاصات البواخر وأعمدة المرافق الكبيرة، وخامات قوالب المطروقات الكبيرة. وكثيرا ماتستعمل مكابس هيدرولية قدرتها (١٥٠٠٠طن) لحدادة قطع كبيرة تزن (٢٠٠طن أو أكثر) . وتعمل معظم



(شكل ٨) عملية سحب عمود كبير فى مكبس حدادة قدره (١٠٠٠ طن)

المكابس الهيدرولية الحديثة بوساطة مجموعة من المضخات تضغط الزيت أو الماء إلى الضغط العالى المطلوب لإدارة هذه المكابس . كما يستعمل البخار لتوليد الطاقة اللازمة ، وخصوصا فى المكنات القديمة . ويبين (شكل ٨) عملية سحب عمود كبير فى مكبس حدادة قدرته (١٠٠٠ طن). ويبين (شكل ٩) عملية توسيع مطروق مجوف ، على شاقة فى مكبس حدادة قدرته (١٤٠٠٠ طن) به ترتيبه لإدارة المطروقات .



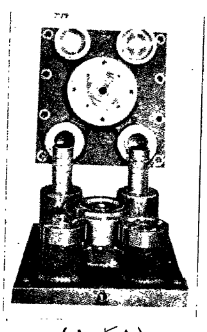
(شكل ٩) عملية توسيع مطروق مجوف على شاقة فى مكبس حدادة ، قدرته (١٤٠٠ طن)

حدادة الأجزاء الصغيرة والمتوسطة بحدادة الضغط

يمكن استعمال عمليات حدادة الضغط فى إنتاج الأجزاء الصغيرة والمتوسطة ، ذات التصميمات البسيطة ، باستعمال قوالب الحدادة المقفلة . ولا يلزم لذلك إلا شوط واحد للكبس . وبهذا تنتقل معظم الطاقة المولدة فى المكبس ، إلى المعدن المطروق ، مما يسرع من عملية الحدادة ويقلل من تكاليف اليد العاملة . كما أن منتجات مكابس الحدادة ، أدق من مثيلاتها المصنوعة بعمليات الحدادة المتساقطة . ومكابس

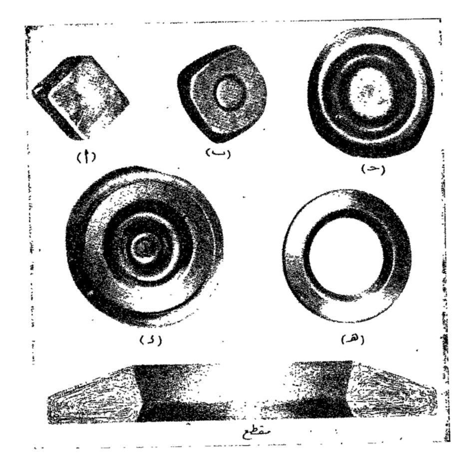
الحدادة ، إما ميكانيكية أو هيدرولية . وتستعمل هذه المكابس فى حدادة مطروقات من المعادن الحديدية أو غير الحديدية .

ويبين (شكل ١٠) القوالب المستعملة لحدادة خامة حلقة ترس بالضغط ، ويبين (شكل ١١) خطوات العمل اللازمة لإنتاج هذه القطعة ، وتلزم ثلاث عمليات حدادة لإنتاج خامة الترس . يوضع المعدن المسخن قائما على القالب الأيسر ، ثم يضغط فى العملية التالية ، ليملأ قوالب التشكيل تماما ، فيتشكل المعدن بالشكل العام المطلوب . ويشطب المنتج فى العملية الأخيرة فى قوالب التشطيب . ويجرى القالب العلوى والسفلى على مسامير دليلية ومجاريها ، لضبط المحاور فى أثناء التشغيل .



(شكل ١٠)
القوالب المستعملة لحدادة خامة حلقة ترس

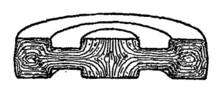
ويبين (شكل ١١) ، شكل المعدن بعد كل خطوة من خطوات إنتاج خامة الترس بحدادة الضغط . ويبين الجزء (ا) قطعة الصلب مسخنة إلى درجة الحرارة المعينة لها ، استعداداً للحدادة بضغط عاصر بطىء ، على نهايتى القطعة المسخنة ، فى الخطوات التالية . ويبين الجزء (ب) أثر العملية الأولى ، التى تعوج القطعة ، وتزيل طبقة الأكسيد عنها استعدادا للعمليات التالية . ويبين الجزء (ج) شكل المعدن بعد ضغطه بين قالبى التشكيل . ويبين الجزء (د) المنتج بعد آخر عملية حدادة ، وقد تم تشكيله إلى الأبعاد والشكل المطلوب ، ولا يبقى بعد ذلك سوى إزالة الزعانف . ويبين الجزء (هـ) المطروق المشطب بعد إزالة الزعانف ، معدا لإجراء عمليات التشكيل والتشطيب بالتشغيل بعد ذلك بالمكنات . وتزال الزعانف ويثقب



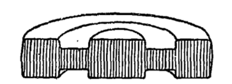
(شكل ١١) خطوات إنتاج خامة ترس بحدادة الضغط

الثقب الأوسط على مكبس تهذيب الأطراف باستعمال قوالب التهذيب . وتظهر فى صورة المقطع الموجود فى أسفل الشكل ، البنية الليفية فى خامة الترس المشغلة بعملية حدادة الضغط . ويمكن بهذه الوسيلة التحكم فى كثافة وإتجاه خطوط إنسياب التليف لتوليد المتانة ومقاومة الصدمات فى المواضع التى يلزمها ذلك .

وتوضح الأشكال (١٢) و (١٣) و (١٤) كيف تزيد الحدادة من تحمل ومتانة المشغولات . ويظهر الفرق واضحاً من تكوين الألياف فى خامتى ترسين ، شغلت إحداها بمكنات التشغيل ، والأخرى بالحدادة . ويبين (شكل ١٢) ، البنية الحبيبية فى خامة ترس شغل بمكنات التشغيل من عمود، وتظهر البنية الحبيبية فى إتجاه واحد فلا يصل المعدن بذلك إلى أقصى تحمله ، لأن خطوط التليف غير متشابكة .



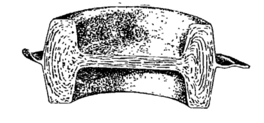
(شكل ١٢)
حبيبات البنية فى خامة ترس مشكلة من عمود



(شكل ١٣)
حبيبات البنية فى خامة ترس مشكلة بالحدادة

ويبين (شكل١٣) ، البنية الحبيبية فى خامة ترس مشغلة بالحدادة فى قوالب التشكيل المقفلة . تتجمع خطوط الإنسياب الشبيهة بالألياف ، فى هذه القطعة ، بحيث تشكل جميع أسنان الترس عند قطعها بالمكنات فى مواضع بالخامة مكتلة بالحبيبات ، فتصبح لهذه الأسنان مقاومة كبيرة للإجهادات ، مع تساوى ذلك فى كل سنة .

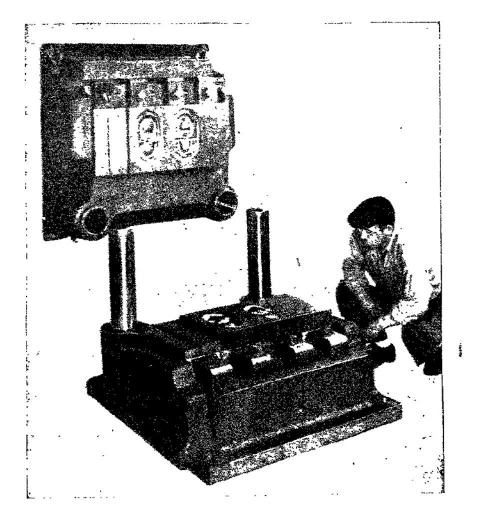
ويبين (شكل ١٤) مقطعا دون تكبير مجهرى ، ظهرت بنيته فى خامة ترس شغل بالحدادة . وفى مثل هذا المقطع ، يظهر فعل التشكيل بالحدادة، فى إنسياب خطوط الإنسياب فى بنيته . والمقطع ، غير المجهرى ، عبارة عن مقطع فى بنية من المعدن ، أظهرت بنيته لتفحص بالعين المجردة أو بعدسة مكبرة، لايتعدى التكبير بها عادة ، عن عشر مرات . ويستخدم مثل هذا المقطع لفحص حالة المعدن و بنيته الداخلية فحصا عادياً .



(شكل ١٤)
مقطع أظهرت بنيته فى خامة ترس مشكلة بالحدادة

ويبين (شكل ١٥) قوالب التشكيل المستعملة فى تشكيل سلسلة خطاف . وتثبت قوالب صغيرة مستطيلة فى سنادة القالب بوساطة قوابض معكوفة ، كما هو ظاهر فى الجزء الأمامى من سنادة القالب السفلى . وتركب السنادة فى مكانها على المكبس ، وهى عبارة عن لوح تثبت عليه القوالب .

ويستعمل أول زوج من هذه القوالب ، لتحديد أطراف القطعة الخام المربعة المقطع ، المنحنية الأركان ، للتخلص من طبقة الأكسيد . وتجرى عملية تكتيل المعدن



(شكل ١٥) قوالب تشكيل لحدادة سلسلة خطاف

فى زوج القوالب الثانى ، وعملية التشطيب فى الزوج الثالث. ويمكن إجراء عمليات إضافية أخرى ، فى القطع الخام إذا لزم الأمر .

ويبين شكل (١٦) العمليات المتتالية ، التى تجرى على هذه القوالب لتشكيل سلسلة الخطاف السابق الذكر . وتظهر قطعة المعدن الساخن إلى اليسار فى الشكل ، كما تظهر فى المنظر الثانى نفس القطعة بعد تحديد أطرافها وتسويتها ، كما توضح عمليتى التكتيل والتشطيب فى المنظر الثالث والرابع . وهذه السلسلة مشكلة فى مكبس ميكانيكى إنتاج شركة (أجاكس) .



شكل (١٦) العمليات المتتالية لتشكيل سلسلة خطاف

١- استخدام حدادة الضغط على أساس إنتاجي

يمكن إنتاج عدد كبير من المطروقات المتماثلة الجوانب بحدادة الضغط . إذ يمكن إنتاج مطروقات مثل خامات التروس ، وأقراص وشفاة الإدارة ، ومثاقيب الصخر، وغير ذلك من القطع المتشابهة بحدادة قِطَع من المعدن مربعة المقطع، بالضغط بعد قطعها إلى الأطوال المناسبة ، ثم تشكيلها فى القوالب . وتشمل عمليات الحدادة عادة، عملية التسوية والإبعاج، لإزالة طبقة الأكسيد، ثم تليها عملية التكتيل التى تغير شكل المعدن . وتحتوى سلسلة العمليات المتعاقبة ، على عملية الكبس والتنفيج الأولية التى تكسّر قشور القطعة ، ويتلو ذلك عملية التكتيل والاستعدال، التى تحرك الخامة المشكلة من موضعها ، وتبيتها فى الموضع المضبوط حتى يقل إنسياب المعدن إلى أدنى حد ، كما تقل الزعانف المولدة وكذلك يقل تآكل القوالب من الإحتكاك فى عملية التشكيل النهائية (التشطيب) . وتخرج القِطَع المشكلة بعد ذلك ، بأبعاد بتفاوت قليل بسطح ناعم إلى حد ما . والزعانف المتولدة بهذه الطريقة ، أقل بكثير من الزعانف المتولدة من طرقات المطرقة المتساقطة المتوالية فى حدادة التساقط .

ويمكن منع تكون الزعانف كلية ، بإدخال جزء القالب الأعلى فى فجوة تشكيل الجزء الثالث الأسفل ، ليحاصر المعدن الخامة تماما . وتزداد دقة المطروقات كثيرا بتصميم طرادات ميكانيكية فى جزئى قالبى التشكيل الأعلى والأسفل . ويمكن تقليل كمية الزائد إلى أدنى حد ، أو التخلص منه تماما ، باستعمال طرادات جيدة التصميم، وباستخدام الطريقة المناسبة التى يعمل بها المكبس ، لتسهيل تناول مختلف أنواع المشغولات دون استعمال مساكات (لقط) . وينتج عن هذا إقتصاد فى خامات عالية التكاليف .

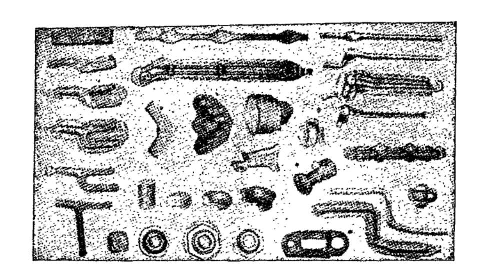
وتطابق تشكيلات فراغات قوالب التشكيل فى حدادة الضغط ، خامات القطع (سواء أكانت على إتجاه الطول أم على إتجاه العرض) تشكيلات فراغات قوالب التشكيل بالحدادة المتساقطة . وهذه التشكيلات ، هى تشكيلات تحديد الأطراف وتشكيلات الحصر والحنى والتكتيل والتشطيب .

ويعتمد ترتيبها فى أثناء الأداء على شكل القطعة المطلوبة . ويلاحظ أن مشاوير رءوس مكنات حدادة الضغط ، ثابتة لا تتغير . لذلك يجب أن تكون مساحة مقطع فراغ قالب الحصر كافية ، لتحتوى على قضيب الخامة ، دون أن يولد زعانفا ، وكذلك لتمنع إحتمال تكون ثنايا إنفصالات لحامية باردة ، فى أثناء توالى عمليات الحدادة .

ولا يلزم لبعض عمليات التشكيل بهذا النوع من الحدادة ، توزيع المعدن داخل القالب بعمليات خصر سابقة لصعوبة التصميم ، وفى هذه الحالة تلزم تسوية الخامة للتخلص من قشورها .

ويمكن التخلص من الأكسيد باستخدام طريقة التسخين بالتأثير أو التسخين فى جو واق محكم ، أو بإزالة القشور هيدروليا ، أو بعمليات لتكسير القشور الأكسيدية . وذلك قبل إعداد الخامة للتسخين إلى درجة حرارة الحدادة . ولإزالة الأكسيد بهذه الطريقة أهمية كبيرة فى عمليات حدادة الضغط ، لأن المعدن المسخن لا يُضغَط إلا مرة واحدة فى أثناء كل تشكيلة فى القالب . وكثيرا مايستغنى فى هذه

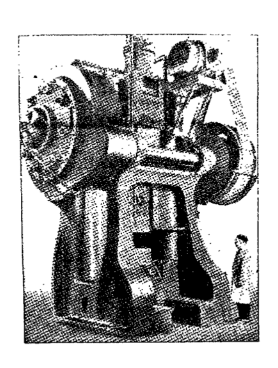
العمليات عن (اللقط) المساكات وذلك باستخدام طرادات ميكانيكية لإخراج المشغولات من فراغات القوالب ، وينتقل الجزء من تشكيل إلى آخر بوساطة الزعانف .



شكل (١٧) عمليات متتابعة لإنتاج مجموعة من المشغولات

ولا تستعمل مكابس الحدادة فى إنتاج القطع متغيرة المقطع ، التى تحتاج إلى عمليات سحب وخصر كثيرة ، لعدم إمكان تغيير طول المشوار فى هذه المكنات. ويوصى باستعمال المطارق المتساقطة البخارية لإنتاج مثل هذه المشغولات ، لأنه يمكن تغيير أطوال أشواطها . ويستعمل بعض منتجى المطروقات المعقدة ، خامات سبق درفلتها أو خصرها بالمطارق البخارية لتوزيع معدن الخامة قبل حدادتها بالضغط فى قوالب التشكيل المقفلة . كذلك يمكن استخدام مكبس الحدادة ، لقص المطروقات الخام ، التى لها تركيب كيماوى خاص ، مثل الصلب السبائكى الخاص ، أو صلب العدة عالى الكربون ، على الساخن لأنه لا يمكن قصها على البارد . ويستعمل المكبس أيضا فى تهذيب أطراف المطروقات المصنوعة من الصلب عالى الكربون ، أو السبائك على الساخن بعد تشكيلها بالمكبس وقبل أن تبرد . وكثيرا ما تتلف المطروقات إذا هُذِّبت أطرافها على البارد .

ويبين شكل (١٧) مجموعة من المطروقات كما يبين عمليات إنتاجها المتتابعة . ويبين شكل (١٨) واحد من مكابس الحدادة الميكانيكية استعمل فى تشكيل المشغولات المبينة فى شكل (١٧) . والمكبس مجهز بطراد ميكانيكى ، وبكل من جزئى القالب الأعلى والأسفل طراد بذراع تعمل بحدبة (كامة) للجزء الأسفل . ويمكن تناول مختلف المشغولات دون استعمال (اللقط) إذا استعملت هذه الطرادات، فيحقق هذا اقتصادا فى المعدن .

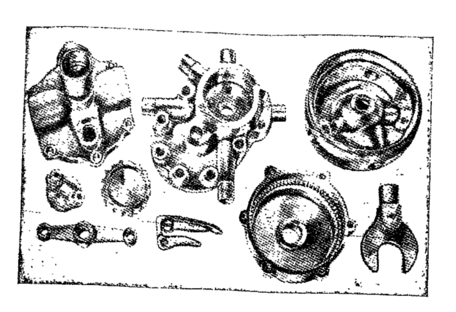


شكل (١٨) مكبس حدادة ميكانيكى
إنتاج شركة أجاكس

تشغيل القطع غير الحديدية بحدادة الضغط على الساخن تشغيلا مضبوط الأبعاد

تشغل قطع غير حديدية كثيرة كالمبينة فى شكل (١٩) بوسائل حدادة الضغط ، فيقطع المعدن من عمود أو قضيب مبثوق ، لدونته تناسب التشكيل وهو فى درجة حرارة الحدادة ، وذلك لملء تشكيل فراغ القالب تماماً بشوط واحد .

وتقاوم هذه القطع الضغوط العالية إلى حد ما ، لأنها لا تُنْفِذ الهواء أو الغاز أو الماء ، كما أنها متينة وكثيفة وناعمة ودقيقة ولا يلزمها تشغيل كثير بالمكنات . وتستعمل المشغولات غير الحديدية المشغلة بحدادة الضغط فى أجزاء المكنات والمحركات والمعدات وأدوات القياس وأجهزته . . . ألخ .



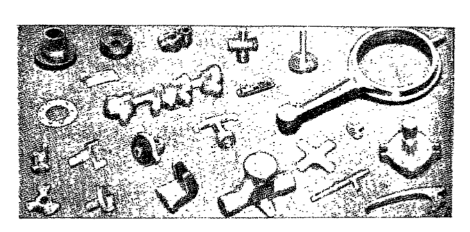
شكل (١٩) مطروقات من النحاس الأصفر شكلت بالضغط على الساخن

وتشكل القطع المختلفة بحدادة الضغط من معادن غير حديدية مختلفة ، مثل النحاس الأحمر،ومثل سبائك أساسها النحاس الأحمر بتركيباتها المختلفة : كالنحاس الأصفر والبرنز والسبائك الخفيفة من الأليومنيوم والمغنسيوم . وتلزم لتشكيل هذه المعادن درجات حرارة حدادة مختلفة ،كما يلزم لها بعض التعديلات فيوسائل الحدادة لأنها غير التى تستعمل فى حدادة الصلب .

وحدادة سبائك الأليومنيوم عادة، أصعب من حدادة الصلب ، لتأثر هذا المعدن عنددرجات حرارةالحدادة. وتُجرى عمليات الحدادةعلى المعادن غيرالحديدية ، فى مجال حرارى ضيق ، يتراوح فيما بين (٧٠٠°ف و ٩٠٠°ف) . فإذا زادت درجة الحرارة بـ (١٠٠°ف) عن الحد الأقصى المحدد لها ، نالها بعض التلف مثل إحتراق المعدن المسخن المعد للحدادة . وتُصمم القوالب بدقة كبيرة لأهمية ذلك فى إنتاج هذه المشغولات . ويجب صنع القوالب بحيث يسهل إنسياب المعدن فى أثناء مراحل الحدادة المختلفة . وتقل خاصية اللدونة والمطولية فى المعادن غير الحديدية ، عنها فى الصلب عند درجات حرارة الحدادة . لذلك يلزمها معدات حدادة أكبر مما يستعمل لتشكيل مشغولات فى مثل حجمها من الصلب .

والمعادن غير الحديدية المصنوعة من سبائك الأليومنيوم متينة جدا ، إذا أخذنا وزنها فى الإعتبار . ويقل وزن مطروقات المغنسيوم عن مثيلاتها فى الحجم من الأليومنيوم إلا أنها أقل منها متانة .

وتستجيب مركبات النحاس الأصفر والبرنز للتشغيل على الساخن . لذلك تشغل بالحدادة على نطاق واسع ، بأوزان تتراوح فيما بين أوقية واحدة إلى مئات من الأرطال ، وتقع فعلا معظم مشغولات المعادن غير الحديدية المستعملة فى الصناعة فى حدود الأوزان المذكورة . وتستخدم وسيلتى الحدادة المتساقطة وحدادة الضغط فى إنتاج هذه القطع ، التى تجمع بين المتانة المطلوبة وخفة الوزن . وتزن هذه المعادن أكثر قليلا من ثلث وزن الصلب الكربونى ، بينما لها نفس متانة الصلب السبائكى منخفض الكربون .



(شكل ٢٠) مشغولات من النحاس الأصفر

ويبين شكل (٢٠) مختلف المشغولات المصنوعة من المعادن غير الحديدية بالضغط فى قوالب . ويوضع المعدن المسخن بين جزئى القالب ، ويشكل إلى الشكل المطلوب بالضغط بوساطة مكابس ميكانيكية كبيرة . وتنتج بمثل هذه العملية مطروقات لها بنية دقيقة ، حبيباتها انسيابية متقاربة ، مما يزيد من مقاومتها للشد (انظر أشكال (١٢) و (١٣) و (١٤) . وتنتج هذه المشغولات من معادن وسبائك شكلت بالبثق ، الذى يزيد من كثافتها ، فتصبح لها مقاومة كبيرة للشد ،

وتحمل كبير لإجهادات تعب وكلال المعادن ، وذلك لتعرضها فى كل من العمليتين لضغوطهما العالية. وينتج تعب المعادن وكلالها من الأحمال المتغيرة المنعكسة المترددة. ويلزم معاملة بعض هذه السبائك حراريا لتحسين خواصها . لذلك تعامل القطع المصنوعة من هذه السبائك معاملة حرارية مناسبة لظروف استعمالها ، وتخرج هذه المشغولات بأسطح ناعمة إلى حد ما ، كما تظهر بعض التفاصيل الدقيقة كالعلامات التجارية ورقم النموذج ، وكذلك الأسماء ، ظاهرة واضحة على السطح . وهذه المطروقات لا تنفذ الماء أو الزيوت أو السوائل الأخرى أو الغازات ، لذلك نصنع منها أنابيب الزيت ومعدات المصانع الكيماوية وأجهزة التكييف وما يشابهها . وتشمل استعمالاتها الأخرى تركيبات المواسير وتوصيلاتها ، والأدوات المنزلية ، وتركيبات توصيلات معدات وأدوات الضغط ، والصمامات وأجزاء المحركات والمعدات الكهربية ، وأطراف بورى اللحام ، ونقط التوصيل الكهربى ، والمواميل الجنزير ، وصواميل الزنق والجلب ، ومبايت الآليات ، وأجزاء كثيرة أخرى مما تتعرض لإجهادات كبيرة .

تشكيل أجزاء المكنات لعمليتى السك وضبط الأبعاد بحدادة الضغط على البارد

تسك قطع كثيرة من الصلب والمعادن الأخرى ، وتحدد أشكالها بأبعاد تفاوتها صغير ، بالضغط بين قوالب التشكيل على البارد ،فتخرج بتشطيب جيد لامع إذا كانت إنسيابية المعدن قليلة أصلا . وفى كثير من الأحوال ، تحقق عمليات تحديد أبعاد أشكال المشغولات ، إقتصادا يفوق ما فى عمليات القطع . وتجرى عمليات السك وتحديد أبعاد أشكال المشغولات على المعادن اللدينة المطيلة،مثل مسبوكات ومصبوبات الزهر اللدين، ومشغولات الطرق المتساقط، التى من الصلب أو الأليومنيوم أو المعادن الأخرى غير الحديدية ، التى تنساب إنسياباً معجناً تحت تأثير الضغط .

وتستخدم مكابس الحدادة الميكانيكية والهيدرولية عادة ، فى عمليات السك وتحديد أبعاد أشكال المشغولات . كما يمكن استخدام غيرها من أنواع مكنات الحدادة الأخرى، مثل المطارق المتساقطة ، ومكابس السك، والمكابس اللولبية . يتوقف اختيار المكبس المناسب على عنف العملية التى سيقوم بها ومداها . فمثلا يمكن

استخدام المطرقة المتساقطة فى حالة التشغيل بالضغط المنخفض ، وعندما يمكن للمعدن الانسياب بسهولة فى تجاويف القالب . ويفضل استخدام مكابس الحدادة الميكانيكية أو الهيدرولية فى مثل هذه العمليات ، لاستطاعة هذه المكابس بذل الجزء الأكبر من طاقة مشاويرها العمالة ، فى ضغط المعدن وتوجيه ما تبقى منها لفتح وإقفال القوالب بسرعة .

ومن الأمثلة المناسبة لعمليات السك وتحديد أبعاد الأشكال بها ، أذرع التوصيل فى المكنات ، والحمالات والروافع ، وحلقات التوصيل ، وغير ذلك من المسبوكات ومطروقات الحدادة . وتستعمل المكابس الميكانيكية على نطاق واسع فى غالب عمليات السك وتحديد أبعاد أشكال المنتجات . وتستخدم طريقة العصر بالضغط السريع ، للحصول على نتائج ممتازة فى أعمال حدادة الضغط السريعة . وإذا كان ضغط التشكيل كبيرا إلى حد ما ، على قطع مساحتها صغيرة ، تخرج القطع مضبوطة بتفاوت صغير فى أبعادها ، وفى هذه الحالات يستغنى عن المكنات الذى تكلف كثيرا . ويبين (شكل ٢١) مكبس حدادة ميكانيكيا مصمما لتشكيل القطع بدقة بتفاوت صغير فى أبعادها ، بوسيلة السك وتحديد الأبعاد على البارد أو على نصف الساخن . وإذا كان تصميم القطع مدمجا منتظما ، يزداد جسوؤها ويقل وقت تشكيلها . وبذلك يمكن استعمال سرعات عالية فى التشغيل مما تضبح معه المكنة وحدة إنتاجية كفايتها عالية .



(شكل ٢١)
مكبس حدادة ميكانيكى للتشكيل النهائى

أسئلة المراجعة

١ — إشرح قواعد عمليات الحدادة بالضغط .

٢ — ما تأثير الحدادة بالضغط على المشغولات ؟

٣ — إذكر أنواع القوالب المستعملة فى عمليات حدادة الضغط .

٤ — صف بإيجاز طريقة تشغيل خامة من الصلب بقالب التشكيل بالحدادة ، وكذلك عمليات التشغيل اللازمة لصنع قوالب تكتيل مقفلة ، تستعمل فى تشطيب المشغولات .

٥ — مانوع الصلب السبائكى الذى يوصى باستعماله لصنع قوالب التشكيل ؟

٦ — إذكر بعض المنتجات المصنوعة بوسيلة حدادة الضغط بالقوالب التى من النوع المفتوح .

٧ — اذكر النوعين اللذين يكثر استعمالها من مكنات حدادة الضغط .

٨ — صف بإيجاز مكبسى (أجاكس) المبين فى (شكل ٦) من هذا الباب .

٩ — صف بإيجاز المكبس الهيدرولى المبين فى (شكل ٧) من هذا الباب .

١٠ — ما أهم ميزة تمتاز بها المكابس الهيدرولية الكبيرة ، عند حدادة الأجزاء الكبير بالضغط ؟

١١ — إذكر أحجام المكابس الهيدرولية المستعملة فى الحدادة بالضغط .

١٢ — ناقش إمكان إنتاج القطع الصغيرة والمتوسطة بحدادة الضغط .

١٣ — صف بإيجاز عمليات حدادة الضغط المتتابعة ، لإنتاج خامة الترس المبين فى (شكل ١١) من هذا الباب

١٤ — إذكر بعض ما يجب إتباعه عن استعمال حدادة الضغط فى الإنتاج على نطاق واسع .

١٥ — كيف تزداد دقة أبعاد المشغولات بالمكابس عندما تنتج على نطاق واسع ؟

١٦ — اذكر ما يجب إتباعه لإزالة طبقة الأكسيد من مطروقات المكابس .

١٧ — إذكر بعض الاستعمالات العملية للمشغولات المشغلة المصنوعة من المعادن غير الحديدية .

١٨ — ما هى مميزات المطروقات غير الحديدية المضغوطة على الساخن ، عند الاستخدام ؟

١٩ — إذكر بعض ما يجب إتباعه عند حدادة منتجات الألومنيوم بالضغط .

٢٠ — صف بإيجاز طريقة تشكيل القطع بالضغط فى القوالب .

٢١ — صف بإيجاز عمليات سك وتحديد أبعاد القطع المشكلة بحدادة الضغط على البارد .

٢٢ — إذكر أنواع المكابس المستعملة فى العمليات المذكورة فى السؤال (رقم ٢١)

الباب الثامن

الحدادة بالمكنات

حدادة الصلب بالكبس على الساخن

تشكل المطروقات المنتجة بهذه الوسيلة ، بضغط عاصر بطىء ، بدلا من قوة الصدمة المفاجئة السريعة التى تنتج فى حالة المطرقة المتساقطة . وتصمم مكنات الحدادة المستعملة فى كبس المعدن ، لتولد الضغط اللازم للتشكيل . وتصمم قوالب التشكيل التى تستعمل فى هذه المكنات ، من النوع المقفل بحيث تقبض على المعدن الساخن المعجن فيضغط عليها ويدفعها جزء فى المكنة ، هو الرأس الدافع .

وتشمل عملية الحدادة بالكبس ، إدخال خامة عبارة عن قضيب من المعدن الساخن ، بين جزء القالب الثابت وجزء القالب المتحرك إلى حد معين، يعينه موقّف خاص بحيث يبرز من القضيب جزء من القابض فى فجوة التشكيل ليكبس فى فراغ أو فجوة القالب برأس الدفع .

ويمكن إتمام عملية الحدادة بالكبس ، فى أكثر من خطوة، كما فى الحدادة المتساقطة ، لتشكيل الجزء إلى الشكل النهائى . وينقل القضيب المسخن بعد الانتهاء من الخطوة الأولى التى تتم فى فجوة أحد القوالب حيث يتم التشكيل المبدئى الإعدادى البسيط، إلى الخطوات التالية فى فجوات قوالب أخرى ، حتى يتم التشكيل النهائى . وبعض المشغولات بسيطة التصميم لا تحتاج لسوى خطوة واحدة فى قالب واحد لإنتاجها . ولكن يلزم أحياناً فى بعض المشغولات المعقدة الشكل عدد من الخطوات قد يصل إلى ست خطوات وخصوصاً فى المشغولات الصعبة المعقدة .

وتحتاج المطروقات بالتساقط والمشغولات المضغوطة لعملية إزالة الزعانف وتهذيب الأطراف . ولا تحتاج معظم مطروقات الكبس لهذه العملية .

ويتراوح وزن مطروقات الكبس فيما بين (أوقية واحدة وما يزيد عن ٥٠٠ رطل) . وتحتفظ هذه المكبوسات ببنية انسيابية فى أثناء تشكيلها كما فى حالات أنواع الحدادة الأخرى . وكثيراً ما تستعمل مكنات الحدادة والمطارق المتساقطة ومكابس الحدادة معاً فى أداء عمليات التشكيل . وذلك للاقتصاد فى التكاليف ، ولربما يتكلف أداؤها بطريقة واحدة من هذه الطرق تكاليف تزيد عن ذلك .

مكنات الحدادة بالكبس

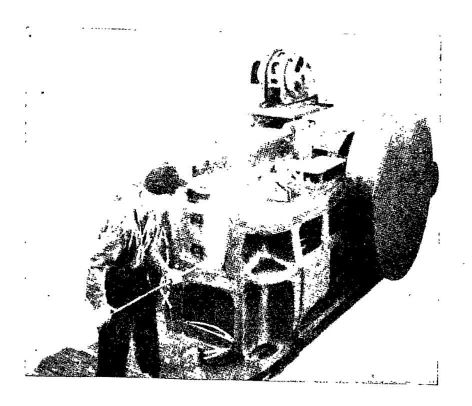
كان القصد من مكنات الحدادة أولا ، كبس المعدن لتشكيل رءوس مسامير البرشام ورءوس المسامير الملولبة (القلاووظ). وأدى نجاح استعمال هذه المكنات إلى تطويرها ، فأصبحت تصمم لإنتاج مختلف مشغولات الكبس ، وكذلك فى المشغولات التى تحتاج إلى عمليات إزاحة المعدن ، علاوة على عمليات الكبس .

وتصمم مكنة الحدادة بالكبس لتعمل أفقياً فى اتجاهين . ويبين (شكل ١) مكنة مصممة تصميماً تقليدياً جرى العرف عليه ، فى أثناء أدائها للعمل. وبداخل بدن المكنة الثقيل المصنوع من الصلب المصبوب ، قالب ثابت وآخر متحرك، يقبضان على المعدن الخام بينما تتحرك آلة التشكيل فى اتجاه المعدن لتشكله داخل تجوات القالبين .

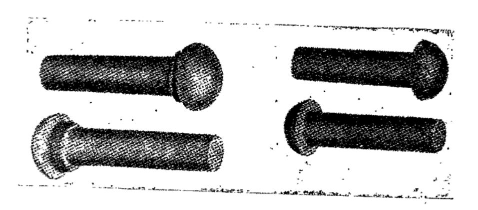
وتتراجع آلة الرأس المنزلقة بعد الانتهاء من العملية وتفتح أجزاء القالب . وعندما يلزم لتشكيل القطعة أكثر من كبسة واحدة ، تُحفر بالقالب عدة تجوات أو تشكيلات تتطابق هيئة محيط القطعة فينتقل المعدن من تجوة إلى التى تليها لأداء الكبسات واحدة بعد الأخرى .

ويبين (شكل ١) مكنة حدادة سعتها بوصتان ، بقابض هوائى من إنتاج شركة (أجاكس) . ويعمل القابض الهوائى مباشرة بضغط الهواء . ويتكون

من عدة أقراص تشبيث احتكاكى . وييسر الأداء، سهولةوسرعة عمل القابض،الذى يعمل فى التو واللحظة ، وبذلك ينتهى تشكيل القطعة بتسخينة واحدة دون إعادة تسخينها بعد كبسها الأول .



(شكل ١) مكنة حدادة بقابض هوائى (سعتها بوصتان)



(شكل ٢) مسامير برأس مستدير،وأخرى برأس بيضاوى،بدون زعانف

ويُقطع المعدن بالقطر المناسب على البارد ويُدْخَل فى المكنة بلقط. وتستعمل هذه الطريقة فى إنتاج مسامير المكنات الملولبة ذات الرءوس المسدسة أو المربعة. يسخن طرف المعدن الذى سيشكل فيه الرأس ثم يتناوله العامل باللقط، ويدخله فى حلق المكنة خلال فتحة لوح السند الخلفى، وهى بشعبتين على شكل حرف U، ثم يكبس الرأس أولا فى مجرى جزء القالب الأسفل، ثم ينقل الجزء إلى مجرى جزء القالب الأعلى حيث يشكل الرأس المسدس أو المربع بدقة فى فجوة القالب بوساطة آلة أو عدة تشكيل قمة الرأس، فتسويها. ويُضغط المعدن عادة مرتين أو ثلاث مرات فى الفجوة الثانية، ويلفف فيما بين مشاوير الضغط لملء الأركان بقدر المستطاع. ويمكن تصميم الآلات أو العدد، بحيث لا تتكون زعانف بين القوالب القابضة أو عند وجه رأس الدفع، ولا تلزم عملية لتهذيب الأطراف فى هذه الحالة.

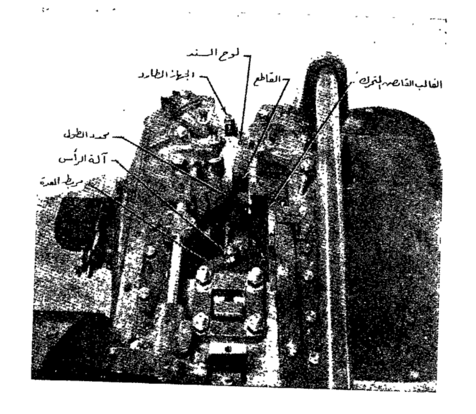
وتجهز مكنة تشكيل الرءوس بآلية لتغذية العمود الخام فى القوالب، مع جهاز طارد، يعمل أتوماتيا لطرد الأجزاء المشكلة من القوالب، وذلك فى الإنتاج الواسع أو الكبير. وتستعمل هذه الطريقة لإنتاج مسامير البرشام القصيرة نسبياً، ومسامير العربات الملولبة ومسامير المدادات (الفلنكات) فى السكك الحديدية، فتخرج رؤوسها من المكنة بدون زعانف فى ضربة واحدة. ويبين (شكل ٢) أمثلة لهذه المسامير. كما تستعمل فى إنتاج مسامير برؤوس مسدسة أو مربعة بزعانف تحت الرأس على شكل حلقات (وردات) سمكها ($\frac{1}{16}$") كما فى (شكل ٣).

(شكل ٣) مسمار برأس مسدس وزعانف على شكل حلقات (وردات)

وتزال الزعانف على البارد فيما بعد فى مكابس تهذيب الأطراف.

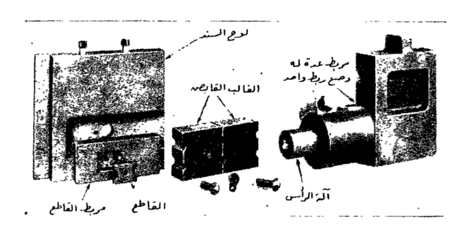
ويسخن جزء طوله قدمان أو ثلاث أقدام فى حالة استخدام طريقة التغذية

التلقائية (الأتوماتية) ، إذا كان العمود المطلوب التشغيل منه طوله عشر أقدام تقريبا . فيدخل العمود فى لوح السند خلال فتحته التى سبق ذكرها ، حتى يصل إلى الموقف الذى يحدد طول الجزء الذى سيكبس ، كما فى (شكل ٤) . ويبين هذا الشكل فجوة أو فراغ القالب ، فى مكنة سعتها بوصتان معدة لدخول وتغذية العمود تلقائياً (أوتوماتيا) . ويظهر محدد الطول أو الموقف فى أمامية الصورة . ويقطع القالب المتحرك الطول المطلوب من القضيب فى أثناء إقفاله ويقبض عليه فى مواجهة القالب الثابت استعداداً لكبسه . وتطرد القطعة تلقائياً (أوتوماتيا) عند فتح القالب . وتتكرر هذه العملية عدة مرات حتى ينتهى تشكيل جزء القضيب المسخن . وتنتج بهذه الطريقة قطعة كاملة فى كل دورة من دورات المكنة .



(شكل ٤) : منظر يبين حيز القوالب فى مكنة حدادة سعتها بوصتان

ويجب تغيير القوالب لإنتاج أطوال مختلفة ، إذ أن طول القالب يحدد طول المسمار الملولب (القلاووظ) أو مسمار البرشام . وللقالب عادة مجريان على كل من السطحين المتقابلين ، مجموعها أربعة مجار فى كل قالب كما هو مبين فى شكل (٥) . ويمكن تشكيل القطع من أسياخ أو قضبان أو أعمدة بأربعة أقطار مختلفة فى هذه المجارى . ويعاد تشكيل أوجه القوالب الفعالة بتشغيلها بالمكنات لاستعادة شكل المجارى إذا تآكلت إثر الاستعمال المتكرر . ويحدث أكثر التآكل فى نهاية المجرى الذى يشكل عنده الرأس ، ويقطع العمود الخام فى الوقت نفسه . وبذلك يكون للقاطع وجهان فعالان . وتثبت آلات أو عدد الرأس فى مربط عدة إسطوانى الشكل ، له موضع ربط واحد ، كما هو مبين فى شكل (٥) . ومربط العدة هذا مخصص لضبط العُدة فى مكانها المناسب ، زيادة عما يسمح به تصميمه الأصلى ، بوضع (وردات) حلقات مصلدة ، لتعوض النقص الذى ينشأ عن إعادة تشكيل أو تجليخ العدد .

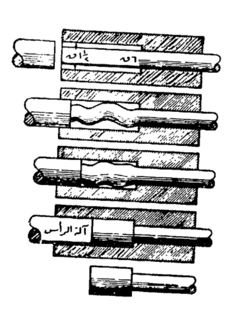


(شكل ٥) لوح السند، والقاطع، والقوالب، وآلة الرأس، ومربط الآلة أو العدة، فى مكنة حدادة

المعدات والقوالب (العدد) المستعملة فى الحدادة بالكبس

تجرى عمليات الحدادة بالكبس فى قوالب محكمة الازدواج ، ولكن ليس بها سلبيات للسحب لتسهيل سحب القطعة من القالب . وتخرم

الثقوب المستقيمة على الساخن.
ولا تحتاج فى الغالب إلى أى تشغيل آخر بالمكنات . وتكبس الأعمدة الطويلة دون أن تنبعج ، إذا صممت قوالب تشكيلها بدقة وحرص وعناية . ويبين (شكل ٦) كيف أنه يمكن كبس عمود ، طوله يعادل ست مرات قطره فى قوالب جيدة التصميم .

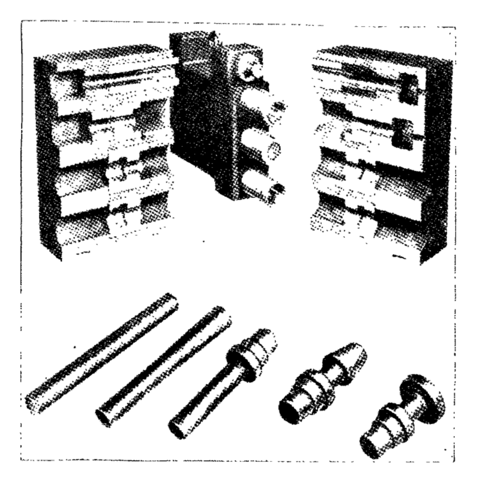


(شكل ٦) كبس عمود طوله ست مرات قطره فى قوالب جيدة التصميم

وتكبس أعمدة الصلب المسخنة فى مكنات الحدادة فى عمليات تشكيل متتابعة . وتزيد هذه العمليات فى قطر العمود وتنقص من طوله ، حتى يطابق الجزء المشغل بعد آخر عملية الشكل المطلوب . ولا تقتصر عمليات مكنة الحدادة على عمليات القبض البسيطة وتشكيل رؤوس المسامير ، بل يمكن الاستفادة من حركة القالب المتحرك فى الاتجاه المستعرض ، وكذلك حركة آلة الرأس فى اتجاه الحدادة الطولى أو فى الاتجاهين فى آن واحد ، أو فى كل اتجاه على حدة . ويمكن استخدام حركة القالب فى الحصر والثنى والقص والثقب وتهذيب الأطراف بالإضافة إلى عملية القبض . كما يمكن استخدام آلة الرأس فى التخريم وتغيير الشكل الداخلى ، والبثق والشق وتهذيب الأطراف ، والحنى والثنى وعمليات أخرى ، زيادة عن التشكيل بالكبس العادى . ويبين شكل (٧) الفجوات التى يشكل فيها المنتج ، داخل جزئى القالب . وكذلك آلات الرأس المصممة ، لكبس المعدن الخام ، حتى يملأ هذه الفجوات . وكثيرا ما يحصر المعدن فى الفجوات تماما فى أثناء الحدادة ، ويعرض لضغط شبيه بالضغط الأيدروستاتى ، فتمتلىء الفجوات والثنايا بالمعدن . وتشكل منتجات كثيرة بهذه الطريقة ، مثل التروس المجمعة والتروس الحلزونية ، والتروس المخروطية ، بأشكال مختلفة . وكذلك أعمدة الإدارة ، ومبايت ومرتكزات وحمالات محاور الدوران ،

والروافع (العتلات) ، وسيقان الصمامات ، وتروس أجهزة قيادة السيارات ، وإسطوانات محركات الطائرات القطرية . كما تشكل مئات الأجزاء الأخرى بأساليب الحدادة بالمكنات أو بالكبس .

فى أعلى (شكل ٧) مجموعة القوالب والخرامات المستعملة فى إنتاج ترس مجمع ، فى مكنة الحدادة أو المكبسة .



(شكل ٧) مجموعة القوالب وعمليات الحدادة المستعملة في إنتاج ترس مجمع

ويبين الجزء الأسفل من الشكل عمليات الحدادة المتتابعة من اليسار إلى اليمين، بالترتيب الآتى :

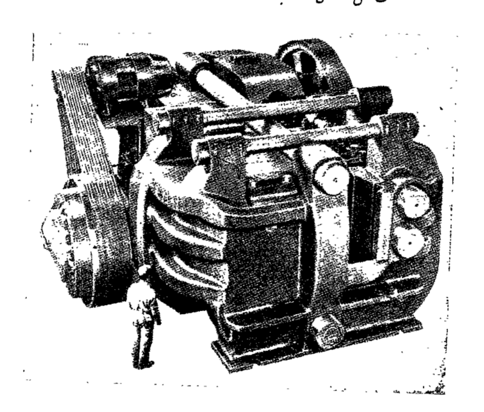
١ — تسخين العمود الخام إلى درجة حرارة الحدادة المضبوطة .

٢ — كبس إحدى نهايتى العمود فى الموضع الأعلى من القالب،لتجميع المعدن استعدادا لتشكيل نهايتى الترس .

٣ — تشكيل وتشطيب طرف الترس الصغير فى الموضع الثانى من أعلى القالب .

٤ — كبس طرف العمود المقابل فى الموضع الأسفل من القالب، لتجميع المعدن اللازم لتشكيل الجزء الباقى من الترس،بينما يقبض على العمود من الطرف الذى شكل جزئيا .

٥ — تشطيب الترس بعملية كبس وتشكيل طرف الترس الكبير فى الموضع الثانى من أسفل القالب .



(شكل ٨) مكنة حدادة ثقيلة إنتاج شركة (ناشيونال)

ويظهر تشغيل المعدن على الساخن بوسيلة الحدادة بالكبس خواص المعدن الفيزيائية إلى أبعد حد،وتولد أقصى مقاومة منتظمة فى بنية الجسم المشغل بالحدادة . ويجب تفهم عملية الكبس على الوجه الأكمل كما يلزم أن تتوافر الآلات (العدد)

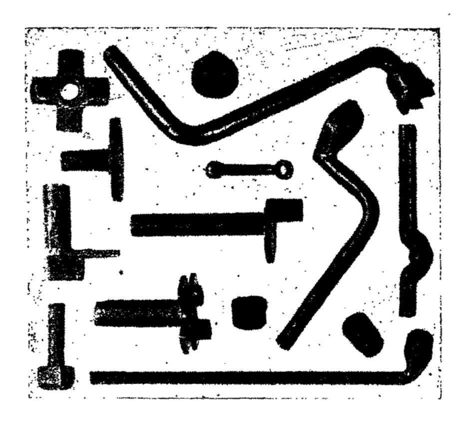
والقوالب المناسبة لأداء العمليات على أحسن وجه . كما يجب فهم القوانين والقواعد، التى تتحكم فى تشكيل المعادن العجينة اللدنة بأساليب الكبس ، خصوصا تلك التى تحدد كمية المعدن الممكن تجميعها أو كبسها فى كل عملية حدادة دون انبعاج خطوط الانسياب . ويمكن التحكم فى انسياب حبيبات البنية وتوليد بنية انسيابية الألياف كثيفتها فى الجزء المشـغل ، باستخدام طرق حدادة الكبس السليمة . وباستعمال قوالب مناسبة لتجميع المعدن ، كما هو مبين فى أشكال البابين السابع والثامن . وتخرج المنتجات المشكلة بأساليب الحدادة بالكبس ، مطابقة للأبعاد المطلوبة فيها إلى حد كبير . لأن السلبية فيها قليلة أو معدومة مما يقلل ويقتصد فى عمليات التشطيب بالتشغيل على مكنات التشغيل .

وكثيرا ما تستخدم عملية الحدادة بالكبس فى إنتاج مختلف المشغولات المخرمة . وتشكل المنتجات التى بها تجاويف داخلية أو فجوات عميقة بسهولة ، بتحويل شكل المعدن بالتدريج من خطوة إلى أخرى . وبهذه الطريقة يتحرك معدن الخامة من داخلها إلى خارجها على طولها لميلأ فجوة وثنايا القالب .

أمثلة للأساليب الفنية الحديثة المستخدمة فى تشكيل الكبس على الساخن

يمكن تشكيل مختلف أنواع المنتجات بأبعاد مضبوطة دقيقة بمكنات الحدادة الحديثة . وتحقق هذه الوسيلة اقتصادا كبيرا فى المعدن . ولا تحتاج هذه المنتجات إلا لتشغيل قليل بالمكنات . ويبين شكل (٨) مكنة حدادة ثقيلة إنتاج شركة (ناشيونال) ، صنعت لتشكيل مختلف المنتجات على نطاق واسع . وتزن هذه المكنة (٥٠٠,٠٠٠ رطل) . وتشكل فى ورش الحدادة اليوم ، أجزاء لم يمكن تشكيلها من قبل لتعسر أداء عمليات التشكيل أو لارتفاع تكاليفها ، وذلك باستعمال مكنات حديثة جديدة التصميم . وأصبحت الأشكال الدقيقة والأجزاء التى بها مقاطع متغيرة وأسطح خارجة غير منتظمة فى نطاق إمكانيات التشكيل بمكنات الحدادة ونقصت إلى حد كبير كمية المعدن الزائد التى يلزم إزالتها بالتشغيل بالمكنات .

ويبين (شكل ٩) مشغولات مختلفة شكلت فى مكنة حدادة ثقيلة من إنتاج شركة (ناشيونال) . ومن الممكن هذه الأيام تشكيل مختلف المشغولات على نطاق واسع،مثل حلقات سلاسل السحب المخرومة،والمفاتيح الصندوقية والمسامير الملولبة وصواميلها ، والصمامات الكبيرة ، ورؤوس المسامير الملولبة الكبيرة المصنوعة من اللولبيات المدرفلة ومسامير المصاعد،ومنتجات كثيرة أخرى لها أشكال دقيقة ، وتحتاج إلى كمية كبيرة من المعدن لتشكيلها .



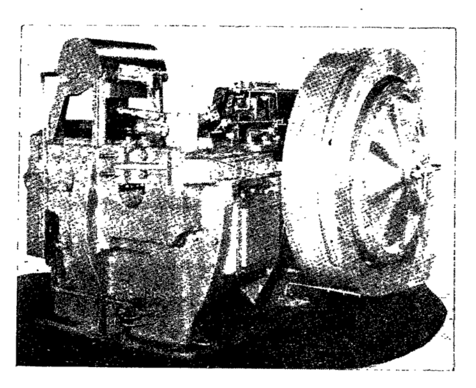
(شكل ٩) منتجات مختلفة شكلت فى مكنة حدادة ثقيلة من إنتاج شركة (ناشيونال)

وتشكل مثل هذه المشغولات بسهولة نسبية ، على المكبسة الحديثة المصممة لإنتاج هذه الأجزاء على نطاق واسع وبدقة إلى حد كاف . وتصنع هذه المكنات جسيئة لتقاوم ما يطلب منها من استعمالات عنيفة . وتصنع أجزاء مكنات الحدادة الحديثة،بحيث يكون انطباق محور آلة الرأس على محور قوالب القبض مضبوطاً دقيقاً،

فيتيسر بذلك تشكيل الأجزاء المعقدة الصعبة . وتشمل أجزاء المكنة التي تنطبق محاورها انطباقاً جيداً مضبوطاً ، من قاعدة مدمَّجة قصيرة تخفض الإرتداد إلى أقل حد ، ومن منزلقة قابضة ، تتحرك بخابور مسلوب ، ومن منزلقة رأس ، ولوح وسادة .

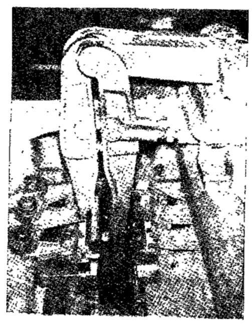
مكنات الحدادة بالكبس بالتغذية التلقائية (الأُوتوماتية)

لقد تطورت مكنات حدادة جديدة لتشكيل مختلف المنتجات من الأعمدة الخام . ويبين (شكل ١٠) مكنة حدادة بلقط تغذية (أوتوماتى) تلقائى من إنتاج شركة (ناشيونال) . فيقص المعدن بالطول المطلوب ، ويسخن فى فرن تلقائى (أوتوماتى) قبل تغذيته فى المكنة . ويدخل المعدن الخام فى الفجوة العلوية مع كل مشوار، ويُغذى القضيب أو العمود الخام ، داخل القالب بوساطة لقط تغذية



(شكل ١٠) مكنة حدادة (ناشيونال) بلقط (أوتوماتى) تلقائى

تلقائية ، فتشغل المكنة قطعة واحدة مع كل شوط مهما كان عدد الكبسات اللازمة . وتدار المكنة بمحرك قدرته (٧٫٥ أحصنة) وسرعته (٧٢٠ دورة فى الدقيقة) وتعمل المكنة (٩٠ مشواراً فى الدقيقة) .



(شكل ١١)
صندوق القالب في مكنة حدادة بلقط تغذية (اوتوماتية) تلقائية

ويبين شكل (١١) منظر صندوق القالب فى مكنة حدادة بلقط تغذية أتوماتية إنتاج شركة (ناشيونال) . ويبين الشكل لقط التغذية الأوتوماتيه ، إذ يدخل المعدن فى قناة خاصة فى المكنة بعد خروجه من الفرن الأتوماتى . ويُدفع المعدن الخام داخل القالب بوساطة كباس، ثم يقوم اللقط الأوتوماتى بنقله إلى الفجوات المختلفة . وتدخل قطعة جديدة من المعدن الخام فى القوالب فى كل مشوار، وتجرى عملية واحدة فى كل مرحلة فى آن واحد . لذا تُنتج المكنة جزءاً مطروقاً مع كل مشوار مهما كان عدد العمليات اللازمة لتشكيل المنتج .

أثر الحرارة فى الحدادة والكبس

تتوقف درجة حرارة المعدن المناسبة لعمليات الكبس على عدة عوامل، منها شكل وحجم القطعة ونوع الصلب الذى يصنع منه وسهولة إمتلاء فراغات وفجوات القالب بالمعدن المسخن، ودرجة التشطيب المطلوب ، وكذلك عوامل أخرى تتعلق بما تتطلبه مواصفات المنتجات المطلوبة . ويسخن المعدن الخام اللازم للمشغولات التى تتطلب عدة خطوات لتشكيلها ، إلى درجة حرارة أعلى بكثير من اللازم ، فى حالة

تشكيل المشغولات البسيطة . وتكبس كثير من الأجزاء البسيطة ، مثل المسامير الملولبة ومسامير البرشام فى خطوة واحدة أو فى عدد قليل من الخطوات . وتتراوح درجة حرارة تسخين هذه القطع فيمابين (١٣٠٠°ف أو ١٥٠٠°ف) وهى درجات منخفضة نوعا .

ويستحسن أن تكون درجة حرارة التسخين منخفضة قدر المستطاع لمنع الأكسدة التى تزيد عن الحد . ويمكن التشكيل فى درجات حرارة أقل من (١٥٠٠°ف) لتسخين المشغولات البسيطة التى لايحتاج تشكيلها خطوات كثيرة ، وذلك للوصول إلى أحسن النتائج . ويلزم لتسخين المشغولات المعقدة الشكل ، كبيرة الحجم ، حرارة أعلى بكثير من (١٥٠٠°ف) . ويمكن إستخدام الأفران الحديثة المزودة بأجهزة التحكم فى جو الفرن لتسخين مثل هذه المشغولات . وتنخفض كثيراً درجات حرارة الحدادة التى تشكل فيها المعادن غير الحديدية ، عن درجات الحرارة المستعملة للصلب . كما أن حدود أو نطاق درجات الحرارة المستعملة للمعادن غير الحديدية أضيق مما يلزم لتشكيل الصلب .

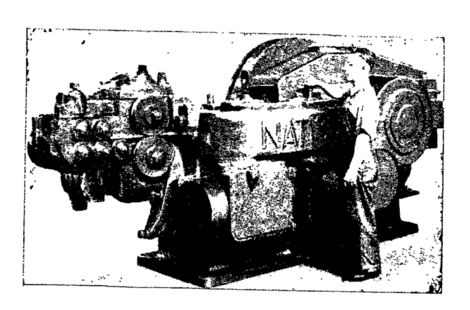
وتتراوح درجات حرارة الحدادة المناسبة لكبس الصلب فيما بين (١٣٠٠°ف و ٢٢٠٠°ف) ولسبائك النحاس الأحمر فيما بين (١٠٠٠°ف ١٦٠٠°ف) ولسبائك الألومنيوم فيما بين (٨٠٠°ف و ١٠٠٠°ف) . وتتبين أنسب درجة حرارة للحدادة بتحليل جميع العوامل المؤثرة فى المنتجات ، بإجراء عدة تجارب فى قطع تجريبية قبل البدء فى الإنتاج . ونشرت الجمعية الأمريكية للمعادن كتاب دليلى للإسترشاد فى سنة ١٩٤٨ يوصى بدرجات حرارة تناسب أداء مختلف عمليات الحدادة لكثير من المعادن الحديدية وغير الحديدية .

الحدادة أو التشكيل على البارد

تستعمل أساليب التشكيل بالكبس على البارد باستخدام مكنات صممت خصيصاً لإنتاج عدد كبير من الأجزاء الصغيرة من السلك الخام . واتبعت هذه الوسيلة فى بادىء الأمر لتشكيل رؤوس المسامير والمسامير الملولبة الصغيرة .

أما الآن،فلها تطبيقات صناعية كثيرة فى إنتاج المسامير الملولبة الصغيرة والكبيرة، وكذلك مسامير البرشام والحلقات والمسامير النجّارى وكثير من أجزاء المكنات الصغيرة ، التى يمكن إنتاجها بسهولة من خامة من السلك الطويل . وهذه الوسيلة مناسبة جداً لانتاج كريات الصلب الصغيرة المستعملة فى مرتكزات محاور الدوران وكذلك فى صنع الإسطوينات لنفس الغرض .

وتشبه المكنات المستعملة فى هذا،مكنات الحدادة على الساخن السابق شرحها، إذ يكبس المعدن المسخن إلى الشكل المطلوب ، فى قوالب مناسبة . ويستعمل السلك الملفوف على بكرات فى مكنات الحدادة على البارد ، فيُقطع بالطول المطلوب ثم تتعاقب عليه عمليات الكبس المختلفة أوتوماتيا فى مجموعات من القوالب ، مصممة ومثبتة بدقة كبيرة . وتستخدم هذه الوسيلة فى الانتاج الكبير الواسع ، إذ يمكن إنتاج (٣٠٠ قطعة صغيرة فى الدقيقة) بمثل هذه المكنات الدقيقة المضبوطة ، دون أن يلزمها مراقبة مستمرة ، فيمكن بذلك لعامل واحد أن يراقب عدة مكنات فى وقت واحد . وتشمل واجبات العامل إدخال المعدن فى كل مكنة عند الطلب ، وفحص المكنة بين وقت وآخر . والطاقة اللازمة لتشكيل الأجزاء بهذه الوسيلة كبيرة



(شكل ١٢) مكنة كبس على البارد

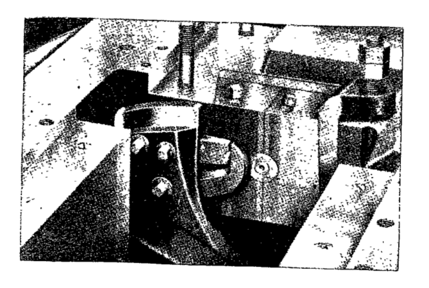
جداً ، لذلك يمكن أن تستخدم فيها أسلاك يزيد قطرها عن بوصة واحدة . ويبين شكل (١٢) مكنة للكبس على البارد،تنتج الأجزاء الصغيرة مثل المسامير الملولبة ومسامير النجارة ، وتظهر الإسطوانات التى تغذى المعدن فى القوالب إلى يسار الشكل .

خطوات صناعة قطعة بوسيلة الكبس على البارد

تتلخص خطوات صناعة أى قطعة بهذه الطريقة فيما يلى :

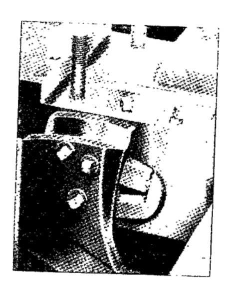
تقوم أسطوانات التغذية بتغذية السلك من البكرة،وتدفعه خلال قالب القص إلى محدد للطول . ويبين (شكل ١٣) جزءاً من السلك أو القضيب ، ممتدا خارج قالب القطع فيقطع ثم ينقل إلى فائض قالب الكبس بأصابع خاصة ، كما فى (شكل ١٤)

ويدفع الجزء المقطوع من القضيب أو السلك داخل قالب الكبس ، إلى عمق محسوب ، ثم يتقدم قالب واحداً أو مجموعة من القوالب لكبس وتشكيل رأس المسمار الملولب ، أو رأس مسمار البرشام ، أو أى جزء آخر مشابه له . ويبين (شكل ١٥)

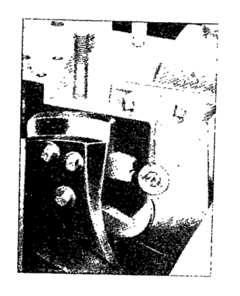


(شكل ١٣)

أصابع المكنة وهى قابضة على السلك الممتد خارج قالب القطع ، قبل قطعه إلى الطول المطلوب

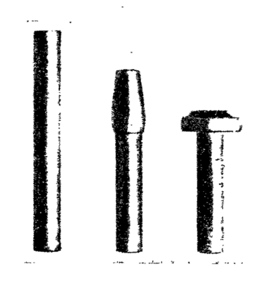


(شكل ١٤) أصابع المكنة تنقل الجزء المقطوع من السلك إلى حامل قالب المكبس



(شكل ١٥) قطعة المعدن الخام مثبتة فى حامل قالب الكبس

قطعة المعدن مثبتــة فى حامل قالب الكبس . ويبين (شكل١٦) خطوات صناعة قطعة بالحدادة على البارد . وتُرى قطعة المعدن المقطوعة إلى اليسار ، ثم يرى الشكل المستدق (المسلوب) فى الوسط ، ثم القطعة المنتهية المشطبة إلى اليمين .

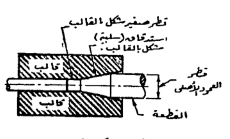


(شكل ١٦) خطوات صنع قطعة بالحدادة على البارد

الاستدارة أو اللف على البارد

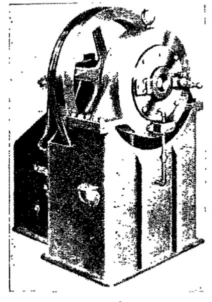
هذه العملية عملية تشكيل على البارد ، إذ ينحصر المعدن فى هذه العملية داخل مجارى قوالب التشكيل تماما ، ويتم التشكيل بتعريض المعدن لضربات متوالية

بين القوالب . ويبين (شكل ١٧) عملية لف على البارد لإنقاص مقطع عمود مسمط ، وتشكيله باستدقاق (بسلبية) .



(١٧ شكل)
إنقاص مقطع عمود مسمط وتشكيله بسلبية

يتعرض المعدن فى عملية الاستدارة أو اللف هذه لتشغيل كبير على البارد فى جميع الجوانب ، بالقوالب المثبتة فى مجرى عمود سريع الدوران . ويدور العمود داخل مبيت ، به عدد من إسطوانات من الصلب المصلد ، التى تضغط على القوالب عند مرورها بين كل إسطوانتين متقابلتين فتعصر المعدن وتنقص مقطعه إلى الشكل والحجم المطلوبين . ويبين (شكل ١٨) مكنة لف دائرى يبين كما (شكل ١٩) قطاعين فى القوالب ، فى الوضعين المقفل والمفتوح .



(شكل ١٨) مكنة لف دائرى

يُغذى المعدن من فتحة رأس مكنة اللف الدائرى ، (شكل ١٨) . وتتوقف سرعة دوران المكنة ، وعدد الطرقات التى تتلقاها القوالب ، على المنتج من حيث حجمه وشكله وتركيبه الكيماوى وكذلك على كمية المعدن المراد تنقيصه بعمليات الاستدارة (واللف) . ويبلغ عدد الطرقات فى مكنة تدور بسرعة (٥٠٠ دورة فى الدقيقة) بها عشر إسطوانات (٢٥٠٠ طرقة فى الدقيقة) .



(شكل ١٩)
قطاعان يبينان وضعى القوالب المفتوح والمقفل

ومنتجات عملية الاستدارة (اللف) تـكون مستديرة المقطع دائما . وذلك نتيجة لدوران القوالب حولها ، بينما يكون مقطع عمود المعدن الخام ، بأى شكل منتظم ، كالمربع أو المسدس أو المثمن . وتشمل الأعمال التى تستخدم فيها عمليـة اللف ، تشكيل المواسير الملحومة وغير الملحومة وتنقيص أقطار القضبان والأعمدة والأسلاك ، وتشكيلها بسلبية ، وكذلك تشكيل سيقان عدد القطع وأدواته بسلبية ، وتنقيص أقطار الأسلاك المستعملة فى المصابيح الـكهربية وصمامات الراديو ومختلف الأجهزة المشابهة .

وتعتبر عمليتا السبك وتحديد الأشكال ، المشروحة بالتفصيل فى الباب السابع ، ضمن عمليات التشكيل على البارد . إذ يضغط على المعدن فى هـــذه العمليات ، للحصول على أبعاد دقيقة مضبوطة ، وأسطح مشطبة ناعمة ، مستوية فى الأجزاء المصنوعة من الحديد والصلب والمعادن الأخرى ، إذا لم يتطلب ذلك انسياب معدن كبير . ويبين (شكل ١٨) من الباب السابع ، أمثلة لبعض منتجات السبك وتحديد الأشـكال .

أسئلة للمراجعة

١ — ماهى نظرية الحدادة بالمكنات أو بالكبس ؟

٢ — صف بإيجاز العمليات الرئيسية فى الحدادة بالكبس .

٣ — ماهى أنواع المنتجات التى يمكن صناعتها بوسيلة الحدادة بالكبس .

٤ — اشرح بإيجاز طريقة عمل مكنة الحدادة التى بها قابض يعمل بالهواء المضغوط ، المبينة فى (شكل ١) من هذا الباب .

٥ — ما المقصود باصطلاح « تغذية القضيب » ، المستخدم عند التحدث عن مكنات الحدادة بالكبس ؟

٦ — ما عمل الطارد الأتوماتى فى مكنات الحدادة بالكبس ؟

٧ — صف بإيجاز كيف تصمم قوالب الحدادة بالكبس .

٨ — اذكر بعض منتجات الحدادة بالمكنات أو بالكبس .

٩ — صف بإيجاز العمليات المتوالية المستخدمة فى تشكيل الترس المجمع بالحدادة بالكبس ، المبين فى (شكل ٧) من هذا الباب .

١٠ — كيف تتحسن الخواص الفيزيائية لمنتجات الحدادة بالكبس ؟

١١ — صف بإيجاز طريقة تكوين التجويفات الداخلية ، والفجوات العميقة فى منتجات الحدادة بالكبس .

١٢ — صف بإيجاز الأجزاء الرئيسية فى مكنة حدادة ، تشكل القطع المبينة فى (شكل ١٠) من هذا الباب .

١٣ — صف بإيجاز طريقة عمل مكنة حدادة بتغذية أوتوماتية .

١٤ — اذكر العوامل التى تعتمد عليها درجة حرارة الحدادة بالكبس .

١٥ — متى يوصى باستعمال درجة حرارة أقل من (١٥٠٠ ف°) لتسخين الصلب قبل إجراء عملية الحدادة بالكبس ؟

١٦ — اذكر نطاق درجات حرارة الحدادة ، المناسبة لـكبس الصلب ، ولـكبس سبائك النحاس الأحمر وسبائك الأليومنيوم .

١٧ — صف بإيجاز عملية الـكبس على البارد .

١٨ — صف بإيجاز العمليات المتتابعة المبينة فى أشكال (١٤ و ١٥ و ١٦) من هذا الباب ، التى تُـتَّـبع فى تشكيل جزء بالحدادة بالـكبس على البارد .

١٩ — صف عملية الاستدارة باللف على البارد .

٢٠ — ما هى الوسيلة المستعملة للحصول على مقاسات دقيقة ، وأسطح مشطبة ناعمة فى المنتجات ؟ .

الباب التاسع

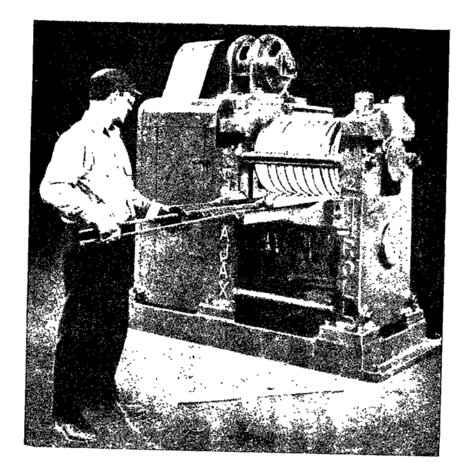
وسائل أخرى للحدادة

حدادة الصلب باستعمال الدرافيل

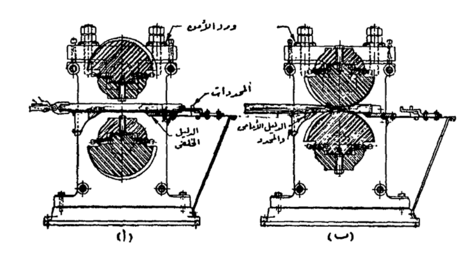
يمكن حدادة مختلف الأشكال التى بمقاطع مستقيمة أو مسلوبة باستعمال الدرافيل ، فيوضع المعدن الخام فى هذه العملية بين قالبين على شكل درفيلين مقطعهما نصف دائرتين لها مجار تشكل القطعة حسب المطلوب . ويحدد عدد المرات التى يجب أن يمر فيها المعدن بين الدرافيل ، بالمقادير التى يجب تنقيصها من مقطع المعدن ، وكذلك درجة تعقيد شكل المنتج المطلوب . ويبين شكل (١) مكنة حدادة بدرافيل فى أثناء الأداء .

وتحمل أعمدة الإدارة قوالب الدرافيل ، التى يجب أن تدور بصفة مستمرة فى اتجاه العامل . ويوضح شكل (٢) ، طريقة الأداء بمكنة حدادة بدرافيل . ففى (ا) الدرفيلان فى الوضع المفتوح ، وبينهما قطعة المعدن المسخن مثبتة فى الدليل والمحددات المتحركة أو المواقف ، وفى (ب) الدرفيلان متلامسان ، والمعدن محصور بينهما فى مجاريهما ، يخرج المعدن من ناحية العامل فى اتجاه دوران الدرفيلين ، وعند وصول الدرفيلين إلى الوضع المفتوح ، المبين فى (ا) يضع العامل القطعة فى المجارى المناسبة التى فى الدرافيل ، وتكرر عملية الدرفلة إلى أن تشكل القطعة بالشكل النهائى المطلوب .

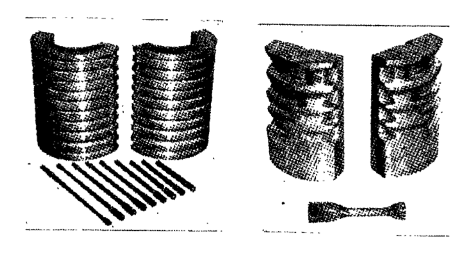
إذا كان التشكيل بسيطا ، والقطع المشكلة قصيرة ، كما فى حالة أذرع التوصيل فى المحركات ، تستعمل قوالب مجزأة ، مجاريها تقل فى المقطع من البداية إلى النهاية



(شكل ١) مكنة حدادة بدرافيل ، إنتاج شركة (أجاكس) في أثناء الأداء



(شكل ٢) طريقة أداء مكنة حدادة بدرافيل

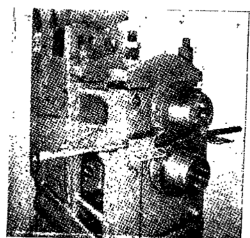


(شكل ٣) قوالب مجزأة تتغير مقاطع مجاريها (شكل ٤) قوالب نصف اسطوانية

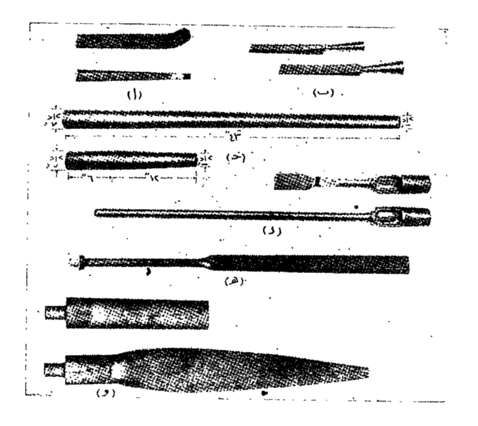
ـ انظر (شكل ٣) . وهذه القوالب رخيصة التكاليف ، لأن تجواتها وتشكيلاتها ، تشغل فى كل من القالبين على المكنات فى وقت واحد . وهذه القوالب خفيفة ، وتصنع من الصلب السبائكى الجيد . وتعامل حراريا لتصليدها إلى درجة عالية بعد تشغيلها بالمكنات ، ويلزم تجليخ أسطح التشكيل لاستعدال الاعوجاج الذى ربما يحدث إثر المعاملة الحرارية . وتثبت القوالب على أعمدة الإدارة ، بطريقة تيسر استعدالها بسرعة وببساطة .

تستعمل قوالب نصف إسطوانية ، لدرفلة القطع المتوسطة الطول ، مثل أعمدة المحاور (شكل ٤) ، وتثبت هذه القوالب أيضا على أعمدة الإدارة ، ويمكن تغييرها بسهولة . ويمكن تشغيل معظم الأسطح العمالة فى القالبين فى نفس الوقت ، بتثبيتهما على شاقة . ويمكن صنع هذه القوالب بحيث يمكن تشغيلها فى الاتجاهين ، لدرفلة القطع الطويلة بعض الشىء . ولهذه القوالب بدايتان فى نهايتى تجوات ومجارى التشكيل ، فى المكان الذى يحدث فيه أكبر مقدار من التآكل .

تكون القوالب إسطوانية الشكل ، وتثبت فيها أطراف أعمدة الإدارة من الجهة اليمنى ، وذلك لتشكيل القطع الطويلة ، كما فى (شكل ٥) . وتصنع القوالب بطريقة اقتصادية على شكل حلقات ، بحيث لا يزيد الجزء المقطوع من محيط


(شكل ٥) قوالب إسطوانية في أثناء الأداء

الحلقات عما يلزم لادخال طرف الخامة أو يزيد عما يلزم لتغذيتها بين القوالب . ويتحدد تعرض هذه الحلقات ، بطول الجزء المطرف عن أعمدة الدوران . وهذا يحدد عدد المجارى . وتركيب القوالب فى النهايات المطرقة ييسّر عمليات استبدالها بغيرها . ويبين (شكل ٦) مجموعة من المشغولات صنعت بمكنة حدادة بالدرافيل .



(شكل ٦) مشغولات شغلت بمكنة حدادة بدرافيل

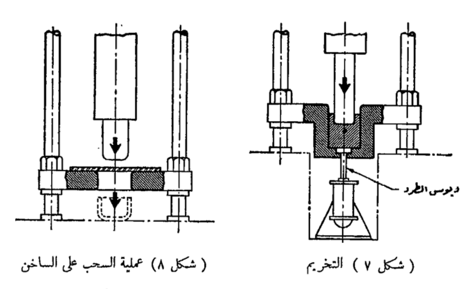
التخريم والسحب الهيدرولى على الساخن

تتلخص طريقة التخريم وسحب المعادن هيدروليا على الساخن ، خصوصا فى حالة الصلب ، فى تسخين المعدن الخام المسمط المربع المقطع ، ثم وضعه فى قالب إسطوانى ، يوضع تحت كباس هيدرولى فى المنتصف ، فيشكل المعدن (الخامة) المسخن ، بشكل القالب فى أثناء هبوط الكباس ، فيتحرك المعدن المعجن اللدين ، متجها إلى أعلى فى الفراغ بين الكباس وجوة القالب ، كما فى شكل (٧) . ويرتفع الكباس عند انتهاء شوط النزول ، فيخرج من تجويف المعدن ، ثم يرتفع دبوس الطرد وتخرج القطعة المشكلة من جوة القالب .

وتلى عملية التخريم عادة ، عملية السحب على الساخن . وتتلخص هذه فى دفع المعدن المجوف فى مجارى مجموعة متعاقبة من الدرافيل ، أو فى قوالب حلقية المقطع ، مثبتة على مسند دفع . وينقص مقطع المعدن المجوف . ويتناقص قطره فيزيد فى الطول . وذلك عند تشكيل الأنابيب والمواسير . وتشكل إسطوانات مختلفة الأقطار ، إلى مواسير للماء أو الغاز أو الهواء ، بطريقة التخريم على الساخن . كما تستخدم طريقة التخريم على الساخن ، فى المراحل الأولى فى صناعة المواسير ، بوساطة السند والدفع .

وتتلخص وسيلة السحب على الساخن ، فى تسخين قرص من المعدن بتخانة معينة ، ثم بوضعه على قالب إسطوانى الشكل ، تحت رأس الكباس الهيدرولى . فيدفع الكباس فى أثناء هبوطه ، القرص المعجن اللدين داخل جوة القالب ، فيشكل القطعة على هيئة وعاء إسطوانى (كوز) وتسقط القطعة عند خروج رأس الكباس كما فى شكل (٨) .

ويترك خلوص كاف ، بين جدران جوة القالب الأسطوانية ، وبين الكباس فى عمليات التخريم على الساخن ، لمنع انبعاج القرص الخام ، ويزيد هذا الخلوص عن تخانة المعدن الأصلى ، بمقدار مناسب ، تحدده الخبرة والتجربة . ويمكن تغيير



(شكل ٨) عملية السحب على الساخن

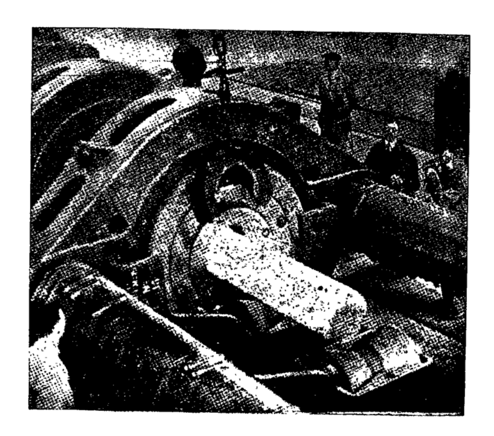
(شكل ٧) التخريم

طول وقطر وتخانة المعدن ، بإعادة تسخين القطعة المشكلة (الـكوز) ، وبضغطها بالتتابع فى مجموعة قوالب السحب وتنقيص المقطع على المسند الدافع .

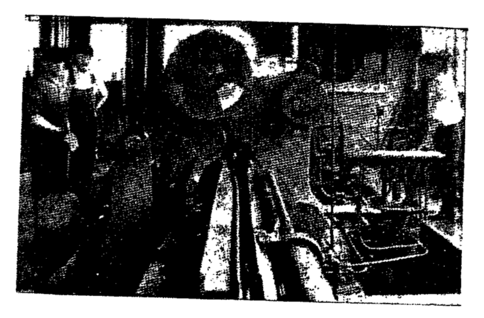
وتشكل إسطوانات تعبئة الأكسوجين والأسيتلين، بطريقة السحب على الساخن، كما يمكن تشكيل إسطوانات مقفلة من ناحية واحدة بهذه الوسيلة . ويمكن تشكيل الأسطوانات التى تتحمل الضغط العالى ، بقطر يصل إلى خمس أقدام ، وطول يصل إلى (٤٥ قدما) بثقب شبق مسخن ربما يصل وزنه إلى (٢٥ طنا) ، ثم بسحبها فى أثناء تسخينه واحدة . وتختصر هذه الطريقة فى زمن التشكيل كما تحقق اقتصادا فى تكاليف إدارة الآلات والمكنات ، كما يقل احتمال أكسدة السطوح المشغلة وتستخدم المعدات اللازمة لتشكيل هذه القطع الكبيرة المجوفة على مكبس تخريم هيدرولى ، وعلى مسند دافع هيدرولى كالموضح فى (شكل ٩) .

بثق المعادن على الساخن

هذه وسيلة أخرى من وسائل تشكيل المعادن اللدنية العجينية ، وتتلخص فى تسخين كتلة من فلز أو سبيكة مناسبة ، إلى درجة حرارة تناسب عملية البثق، ثم فى وضعها فى إسطوانة مكبس البثق . يدفع المكبس أو الرأس المعدن خلال ثقوب مشكلة فى قوالب البثق . وأنسب المعادن لعملية البثق على الساخن ، هى التى يمكن رفع



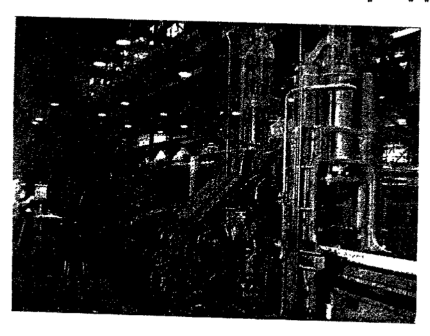
(شكل ٩) مسند دفع هيدرولى قوته (١٥٠٠ طن)



(شكل ١٠) مكنة بثق قوتها (١٠٠٠ طن)

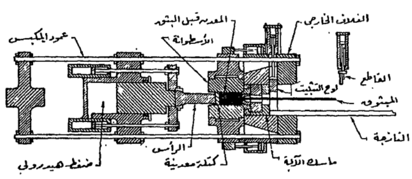
درجة حرارتها إلى ما يقرب من درجة حرارة انصهارها قبيل دفعها في فتحات القوالب ، فتصلح للانسياب بالبثق . وتتراوح هذه الدرجات فيما بين (٦٠٠° ف و٨٠٠° ف) . وتبثق المعادن شبه المائعة التي بين التسيل والتجمد خلال فتحات القوالب ، ولكن يلزم أن تتجمد مباشرة بعد خروجها من هذه الفتحات أو الثقوب . ويبين (شكل ١٠) مكنة بثق ، تشكل قضبانا تخرج من القالب ، فتجرى على سطح مهيأ لاستقبالها . وتقطع هذه القضبان إلى الأطوال المطلوبة بعد أن تبرد .

تبثق مختلف المعادن والسبائك غير الحديدية ، مثل الأليومنيوم والنحاس الأحمر والنحاس الأصفر والمغنسيوم والرصاص وما يشابهها ، بمقاطع مختلفة مشكلة حسب ما يطلب تجاريا ، وهي إما مسمطة أو أنبوبية ، بمقاطع مستديرة أو مربعة أو مسدسة ، ويسهل بثق بعض الأشكال التي لا يمكن درفلتها مضبوطة الشكل أو دقيقة الأبعاد ، أو نظيفة أو ناعمة الأسطح مع الاحتفاظ بخواصها الميكانيكية العالية .



(شكل ١١) مكبس بثق قدرته (٢٥٠٠ طنا)

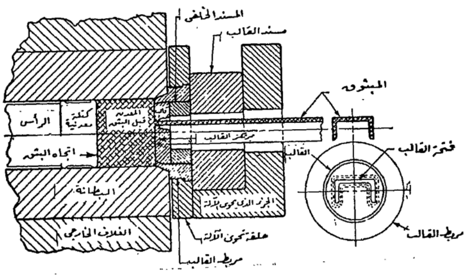
ويبين شكل (١١) مكنة بثق ضغطها (٤٢٥٠ طنا) بشركة(رينولدز)للمعادن . وتصمم مكابس البثق على الساخن ، للأداء بها بضغوط تتراوح فيها بين (٨٠٠٠٠ و ١٠٠,٠٠٠ رطل على البوصة المربعة) . تُبثق فيها كتل بأقطار ربما تصل إلى (١٤ ً بوصة) . ويبين (شكل ١٢) رسما تخطيطيا لمكبس بثق ، يستعمل



(شكل ١٢) مكبس بثق يستعمل في تشكيل مقاطع من الألومنيوم

فى إنتاج مقاطع من الألومنيوم ، فيضغط الرأس الهيدرولى على الألومنيوم الساخن ، فينبثق خلال فتحة القالب بالمقطع المطلوب .

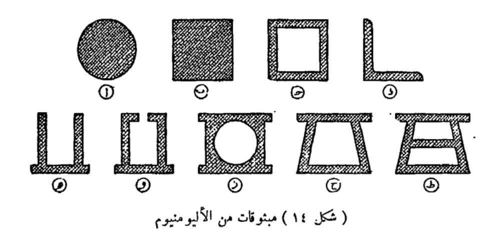
ويبين شكل (١٣) ، العدد والقوالب المصنوعة من الصلب ، المستخدمة فى إنتاج مقاطع من الألومنيوم . وهذه العدد : قالب بثق ، وكتلة ترجيع ،



(شكل ١٣) آلات من الصلب تستعمل في إنتاج أشكال من الألومنيوم

ومربط للقالب ، وكتلة القالب ، ووعاء العدد . وتتراوح أقطار الكتل الخام فيما بين (٤ً ، ١١ً بوصة).

تشكل مختلف المبثوقات من الألومنيوم بأحجام وأوزان وأنواع متباينة . وتحدد دائرة قطرها حوالى (١٢ بوصة) أكبر مقطع يمكن بثقه تجاريا . وربما يبلغ ضغط بعض المكابس إلى (٥٥٠٠طن) ويمكن بها تشكيل مبثوقات تحد مقطعها دائرة قطرها (١٧ً بوصة)، وهذه الدائرة أصغر دائرة يمكن أن تحتوى شكل المقطع . ويتراوح سمك المبثوقات فيما بين (٠٫٠٥ً بوصة وعدة بوصات) حسب الأحوال . ويمكن بثق السبائك اللينة ، بتخانات تقل عنها فى السبائك التى تقاوم الشد بدجة متوسطة أو عالية . ويبثق الأليومنيوم بمقاطع قضبان أو أعمدة أو إسطوانات أو أشكال إنشائية قياسية أخرى . وتبوب هذه المبثوقات الخاصة ، تبعاً لدرجة صعوبةإنتاجها . وتتدرج صعوبة الإنتاج من الأشكال المسمطة ، إلى نصف المجوفة ، إلى المجوفة تماماً . ويبين شكل (١٤) مختلف أنواع المبثوقات .

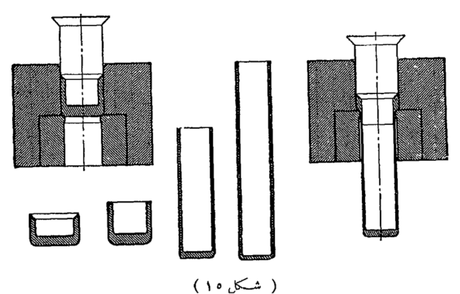


(شكل ١٤) مبثوقات من الأليومنيوم

بثق المعادن على البارد

تستخدم هذه الوسيلة لتشيكيل المعدن العجينى اللدين بالبثق على البارد ، وتشابه فى عملها البثق على الساخن ، إلا أن المعادن المشكلة بها لها انسابية عجينية تكفى لتشكيلها وهى باردة ، دون الحاجة إلى أى تسخين يسبق العملية . ولهذه

المعادن عادة ممطولية كبيرة . وتجرى عملية البثق على البارد بطرق عديدة، أوسعهما انتشاراً طريقة (هوكر) وطريقة الصدم . وتتخلص طريقة « هوكر » أو البثق فى اتجاه أسفل ، فى ضغط كتلة تخينة على شكل (كوز) خلال فتحة القالب . وتجرى العملية بسرعة كبيرة فى مكبس يعمل بمرفق عادى ، وتكون كتلة المعدن غالباً صغيرة نسبياً . ويدار المكبس بمرفق واحد أو بأكثر من واحد ، ويتحكم طول ساعد المرفق (نصف قطر دورانه) فى طول مشوار المكبس . وتصنع المبثوقات الخفيفة بهذه الطريقة ، مثل الأنابيب رقيقة الجدران غير الملحومة ، وأغلفة الطلقات النارية الصغيرة . ويبين شكل (١٥) ، أربع خطوات فى صناعة غلاف طلقة نارية صغيرة من النحاس الأصفر .

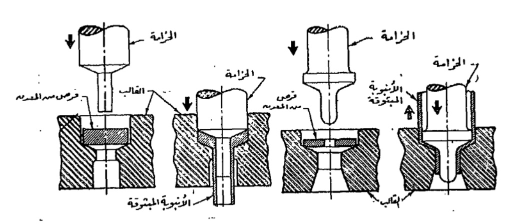


(شكل ١٥)
العمليات المتتالية لتشكيل غلاف طلقة نارية صغيرة من النحاس بطريقة « هوكر »

وتجرى العمليتان الأوليان فى مكبس ميكانيكى أو هيدرولى ، قبل عملية البثق ، وتستعمل فى ذلك قطع مسطحة من المعدن ، بقطر وتخانة معينة ، وتسخن القطعة قبل التشكيل ، أو تشغل على البارد . ويبين أحد قطاعات شكل (١٥) وضع الخرامة وقطعة المعدن عند بدء العمل كما يبين قطاع آخر وضعهما قبل

تشطيبهما مباشرة . تضغط كتف الخرامة على المعدن ، فينساب خلال المسافة الخلفية المحددة فيما بين الخرامة وفجوة القالب الإسطوانية .

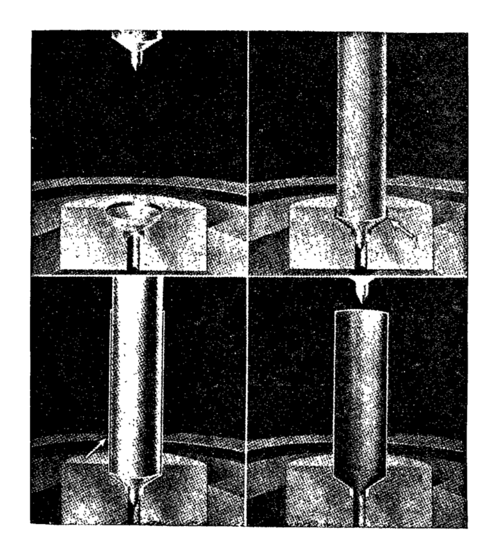
ويمكن بثق أنابيب النحاس الصغيرة كأغلفة الطاقات النارية الصغيرة بطريقة « هوكر » ، فتوضع قطعة من المعدن على شكل قرص له قطر وثخانة معينتان ، فى قالب مناسب ، ثم تضغط فى القالب بوساطة خرامة كما فى شكل (١٦) . وتنتج قطع مماثلة من معادن أخرى لينة بهذه الطريقة . وتتلخص طريقة الصدمات ، أو البثق إلى أعلى، فى وضع قطعة من المعدن على شكل قرص له قطر وثخانة معينتان فى فتحة القالب ، ثم يصدم بضربة واحدة مفاجئة بالخرامة وذلك لدفع المعدن إلى حول ساق الخرامة ، كما شكل (١٧) .



(شكل ١٦) بثق الأنابيب وأغلفة الطلقات النارية الصغيرة من أقراص مسطحة بطريقة « هوكر »

(شكل ١٧) بثق الأنابيب المتنافصة القطر ، بطريقة الصدمات على البارد .

ويبين شكل (١٨) أربع خطوات تتبع لتشكيل أنبوبة من الأليومنيوم ، بطريقة البثق بالطرقات . توضع قطعة من الأليومنيوم الخالص النقى إلى درجة كبيرة ، فى فتحة القالب فى مكبس البثق ، وتضرب الخرامة قطعة المعدن ضربة عظيمة ، فيرتفع المعدن المتبقى حول ساق الخرامة ، ثم تطرد الأنبوبة المشكلة من مكانها فى القالب بعد ارتفاع الخرامة .



(شكل ١٨) خطوات إنتاج جزء بطريقة البثق بالصدمات ونرى قطعة المعدن في مكانها (أعلى إلى اليسار) ، تصدم الخرامة المعدن (أعلى إلى اليمين) فيرتفع المعدن حول ساق الخرامة (أسفل إلى اليسار) وترتفع الخرامة (أسفل إلى اليمين) .

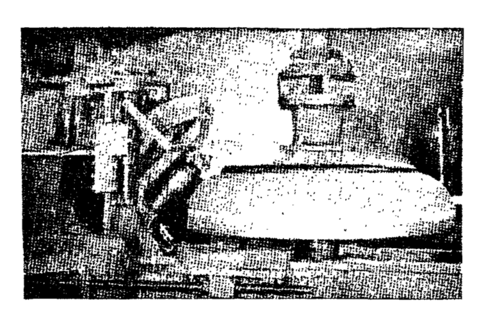
وتُشكل الأنابيب رقيقة الجدران ، من معادن مطوليتها عالية ، مثل القصدير والأليومنيوم ، بسرعة بهذه الطريقة . وتتخذ الأنبوبة من الخارج شكل القالب ، ويساوى سمك جدارها الخلوص بين ساق الخرامة والقالب . ويشكل طرف الأنبوبة بشكل تجويف القالب وطرف ساق الخرامة ، فتلتصق الأنبوبة بساق الخرامة عند ارتفاعها ، وتُفصل عنها إما بجهاز آلى ، أو بتوجيه هواء مضغوط فى الأنبوبة .

تصل سرعة الإنتاج بهذه الطريقة إلى (٥٠ أنبوبة فى الدقيقة) . وجميع العمليات فى هذه الطريقة أتوماتوماتية . ويتراوح الضغط فيما بين (٥٠ و ١٠٠ طن) تبعاً لحجم الأنبوبة . وتشكل الأنابيب رقيقة الجدران لصنع أنابيب معجون الأسنان ومعجون الحلاقة ، و « البويات » وما يشابهها من المواد ، اقتصاديا بطريقة البثق بالصدمات .

تشكيل الصلب بالدوران السريع بالتشغيل على الساخن

وتتلخص هذه الوسيلة فى تشكيل الصلب المسخن إلى أشكال إسطوانية وأشكال أخرى مستمرة الشكل ، مثل أطراف الغلايات والمراجل ، أى (رؤوسها) ، وقيعان الصهاريج الأسطوانية ، وما يشابه ذلك . لقد طورت مكنات التشكيل بالدوران السريع ، لتشكيل (الفلنشات) الشفاه المختلفة . وأمكن تشكيل أقراص وأطراف صهاريج ربما تصل أقطارها إلى (٢٠ قدما) باستعمال بعض هذه المعدات الكبيرة . ويمكن التحكم جيدا فى الخامة فى أثناء عملية التشكيل بالدوران السريع ، بحيث لا تُشوه بنيتها الانسيابية أو الحبيبية وبحيث تقل الإجهادات الداخلية المتبقية بعد العملية . ويبين شكل (١٩) عملية تشكيل بالدوران السريع على الساخن ، لتشكيل رأس طرف كبير من الصلب ، لغلاية أو مرجل ضغطه عال ، على مكنة التشكيل بالدوران السريع . وتضبط السرعة الخطية ، وتنظم ، لتوليد ضغط تشكيل منتظم لا يتغير، وذلك باستخدام محولات، تحول التيار المتردد إلى تيار مستمر . وهذا التيار يستعمل لإدارة المحرك الكهربى ، الذى يدير المحور بسرعات مختلفة . وزيادة قدرة وقوة الربط ، تمنع الانزلاق فى أثناء التشكيل ، كما تسمح لتشكيل ألواح تخينة ، بأشكال دقيقة الأبعاد ، مضبوطة الشكل . يساعد مبيت القالب ، الذى على شكل ربع دائرة (شكل ١٩) ، على تنظيم التشكيل ، والتحكم فى الشكل النهائى ، وفى تخانات القطعة بتفاوت مسموح فى الأبعاد ، دقيق . وتنتج بذلك مشغولات مضبوطة منتظمة من كل الوجوه . ويحسَّن السطح المشغل كثيرا باستعمال إسطوانات سنادة

على اسطوانة جهاز ربع الدائرة ، للتخلص من التذبذب والارتجاج . وتشغَّل هذه القطع بمختلف الأحجام والتخانات والأشكال ، من معادن مختلفة ، على مكنات التشكيل بالدوران السريع ، المخصصة لذلك . وأنسب المواد لهذه العملية ، هى الصلب المكسو (المكلَّد) ، والمعادن غير الحديدية . وتتكون ألواح الصلب المكسو (المكلَّد) من طبقة أساسية من الصلب الكربونى أو الصلب السبائكى منخفض الكربون ، ومن طبقة رقيقة من معدن يصمد للتآكل التفاعلى ملصقة على سطح واحد من الطبقة الصلب الأساسية أو على كل من سطحيها .

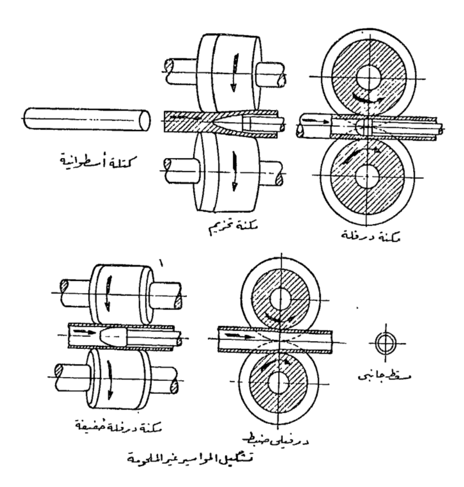


(شكل ١٩) تشكيل رأس مرجل ضغطه عال ، على مكنة كبيرة بالتشكيل بالدوران السريع على الساخن ، المعدن فى درجة الحرارة البيضاء

تشكيل المواسير غير الملحومة على الساخن

يشيع استعمال هذه الطريقة فى إنتاج (المواسير) غير الملحومة . وتتلخص الطريقة فى تسخين كتل إسطوانية من الصلب ، ثم تخريمها على مكنة تخريم مصممة خصيصا لذلك . ويتكون الجزء الرئيسى فى المكنة ، من درفيلين مخروطى الشكل ، محوراهما فى مستويين مختلفين ، أى ليسا فى مستوى واحد ، ومن شاقة

مدببة ، لتخريم قطعة الخامة الصلب . ويدور كل من المخروطين والشاقة فى اتجاه واحد . يبين (شكل ٢٠) خطوات العمل المتتابعة لتشكيل المواسير غير الملحومة . تذنب كتلة الصلب الأسطوانية فى أحد طرفيها ، ثم تسخن إلى درجة الحرارة العجينية ، ثم توضع فى مكنة تخريم ، وتدفع حتى تتلامس مع درفيلى التخريم ، فيمسكا بالكتلة ويسحباها إلى الأمام. ويدور الدرفيلان والكتلة بسرعة كبيرة ، بينما تدخل الكتلة ببطء شيئاً فشيئاً . فتفتح الكتلة فى مركز مقطعها ، وتتمزق إثر عنف وقوة الدرافيل ، ويزداد الثقب اتساعا وعمقاً ، كلما تقدمت الكتلة فى اتجاه الشاقة المدببة . وهكذا تتشكل الماسورة ، وتستمر العملية حتى تمر الكتلة بطولها الكامل بين الدرفيلين ، فتخرج فى هيئة إسطوانة مجوفة ،



(شكل ٢٠) العمليات المتتابعة في إنتاج المواسير غير الملحومة

أو ماسورة قصيرة ثخينة الجدران ، ثم تسحب الشاقة من الأنبوبة المشكلة ، وتوضع فى الماء لتبرد وتوضع فى مكانها فى المكنة ، شاقة غيرها باردة ، وتعاد العملية فى الكتلة التالية .

وتتلخص العملية التالية فى درفلة القطعة المشكلة السابقة ، بوضع شاقة أخرى داخلها ، بقطر أقل من قطرها الداخلى ، ثم تدرفل وهى فى هذه الحالة فى مكنة درفلة . كما (شكل ٢٠) ، فتستطيل الماسورة بالقدر المطلوب ، ويقل سمكها فى هذه العملية . ثم تخرج الماسورة من العملية السابقة بقطر خارجى تقريبى ، لأنها لم تشطب بعد ، فتجرى عليها عملية درفلة خفيفة . وتتلخص عملية الدرفلة هـــذه فى إمرار الأنبوبة وفيها شاقة ، بين إسطوانتين ، كما فى (شكل ٢٠) ثم تجرى بعد ذلك عملية لتحديد الأبعاد وضبطها ، بدرفلتها بين درفيلى ضبط دون شاقة داخلها ، وتجرى عمليتا الدرفلة الخفيفة والضبط ، عادة على البارد لتحسين درجة تشطيب السطح الخارجى ، وضبط أبعاده . وتسمى عمليات سحب على البارد .

أنابيب الصلب الملحومة

تشكل المواسير على نوعين : دون لحام ، وباللحام . وطرق تشكيل الأنابيب الملحومة أربع :

١ — لحام الشفة أمام الشفة ، وذلك فى المواسير التى تتراوح أقطارها فيما بين ⅛" بوصة و ٣" بوصات .

٢ — لحام الشفة على الشفة للأقطار التى تتراوح فيما بين (٢" بوصتين و٢٢" بوصة)

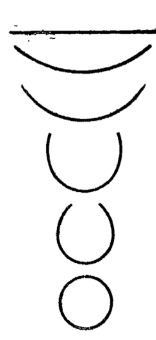
٣ — لحام بالطرق للأقطار التى تتراوح فيما بين (٢٠" بوصة و ٩٦" بوصة) .

٤ — لحام بالصهر للأقطار التى تزيد عن ٦" بوصات .

وتتلخص طريقة تشكيل الأنابيب الملحومة فى تغذية شرائط معدنية باردة ، بين درافيل تشكيل خاصة ، تُشكِّل الشريط بالتدريج ، وتحنيه فى شكل دائرى ، فإذا تمت استدارته ، تلحم حافة طولية منه فى الحافة المقابلة ، لتكميل الدائرة .

وتهذب حافتا شرائط المعدن فى المكنة ، إلى العرض المناسب لتشكيل الماسورة

بالقطر المطلوب ، ثم يلف الشريط على ملفات (بكرات) قبل عمليات تشكيل الأنابيب ، وقبل لحامها . ويبين (شكل ٢١) طريقة تشكيل شريط من الصلب بالتدريج ، ليستدير مقطعه ويصبح حلقيا دون إجهاد المعدن زيادة عما يلزم . وتترك هذه الطريقة المعدن المشكل ، خاليا من الإجهادات ، على عكس الحال ، إذا كان التشكيل سريعاً عنيفاً . ويمر الشريط فى العملية الأولى بين (درفيلين) ثم على مجموعة من درافيل تشكيل ، تُشكِّل المعدن بالتدريج إلى الشكل الحلقى المطلوب ، تشغيلا على البارد ، ثم تجرى عملية اللحام .

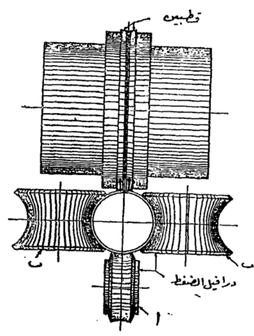


(شكل ٢١) طريقة تشكيل شريط من الصلب بالتدريج إلى شكل اسطوانى حاقى القطع دون إجهادات زائدة فى المعدن

وتستخدم عمليات لحام مختلفة للحام حافتى الشريط الطوليتين . ويبين (شكل ٢٢) طريقة اللحام بطريقة المقاومة الكهربية وذلك باستعمال مكنة لحام ، تعمل بتيار كبير (عالى الأمبير) يمر فى قطبين من النحاس السبائكى على شكل قرصين متلامسين فى حافتى الماسورة المشكلة .

ويمكن ضبط مكنة اللحام فى الاتجاه الرأسى ، وهى مصممة بحيث يمكن التحكم فى مقدار التيار المار فى المقطعين ، وكذلك فى سرعة العملية . ويمر التيار من أحد القطبين إلى الآخر ، عند مرور المعدن المشكل تحتها ، وتكفى الحرارة الناتجة من مقاومة أسطح حواف المعدن ، لمرور التيار الكهربى لعملية اللحام . ويضغط درفيلان بضغط جانبى (ب) ، ودرفيل بضغط من أسفل (أ) على حافتى المعدن المسخن ، فيتلاحمان ، كما فى (شكل ٢٢) . وفى حالة لحام الشفة فوق الشفة ترتفع درجة حرارة الحافتين الخارجيتين إلى درجة حرارة أعلى بكثير من درجة الحرارة التى يتعجن فيها المعدن ، فإذا ماضغطت الدرافيل عليها ، ينعصر المعدن المسخن المعجن ، فيخرج وتبقى المواضع المتلاصة بعضها مع بعض والمعدن فى حالة

عجينية فتتلاحم تحت ضغط الدرافيل. وتتشرب الحرارة بسرعة ، لأن التسخين لم يحدث إلا موضعيا عند الحافتين فقط .

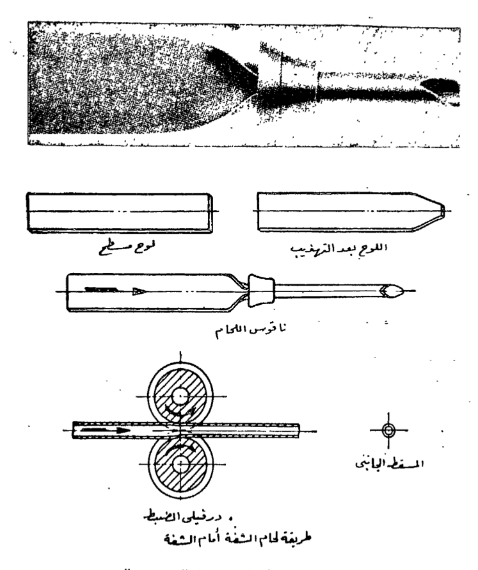


(شكل ٢٢) طريقة اللحام بمقاومة التيار الكهربى

ويزال المعدن الزائد (الزعانف) المتبقى من عملية اللحام ، بعمليات تنظيف وتشطيب مناسبة ، وتصبح الماسورة بعد ذلك معدة للقطع ، فى مكنة القطع الخاصة التى تتحرك مع الماسورة وتقطعها بالأطوال المطلوبة . وتستمر بهذه الطريقة عمليات تشكيل المواسير ولحامها دون توقف . ولا تختلف الطرق الأخرى المستعملة فى لحام المواسير عما سبق شرحه .

ويمكن إنتاج الأنابيب الملحومة بالشفة على الشفة بكميات كبيرة وبطريقة أكثر اقتصادا من الطريقة السابق شرحها ، وإن كانت أقل منها دقة ، والدقة التامة غير مطلوبة فى الأعمال التجارية . وتتلخص هذه الطريقة فى تهذيب طرف لوح وهو خارج من مكنة درفلة الصلب ، ثم تسخينه فى فرن إلى درجة حرارة اللحام ، أى إلى حوالى (٢٥٠٠° ف) ثم يؤخذ بلقط من الطرف المهذب الحواف ، ويمرر فى قالب على هيئة ناقوس (جرس) ، مخروطى الشكل وهو ساخن ، فتتلاحم حافتاه فى هذا القالب ، كما فى (شكل ٢٣) .

ويربط مقبض اللقط ، فى سلسلة متصلة فى دائرة (لا نهائية) ، تسحب اللوح المسخن خلال قالب اللحام ناقوسى الشكل ، الذى يضم حافتى اللوح ، واحدة على الأخرى ، فتتلاحمان بذلك وتتكون شكل الماسورة ، كما فى (شكل ٢٣) . وتنقل الماسورة الملحومة إلى درفيلى الضبط ، لضبط قطر الماسورة الخارجى



(شكل ٢٣) استعمال ناقوس للحام القورة على القورة

إلى حدما كما فى الرسم الأسفل من (شكل ٢٣) . وتلى هذه العملية عملية ضبط ، بجموعة من الدرافيل المستعرضة . ويضبط القطر الخارجى فى هذه المرحلة ، حسب المطلوب ، ويتحسن السطح الخارجى إذ تزال القشور فى أثناء عملية الضبط الأخيرة هذه .

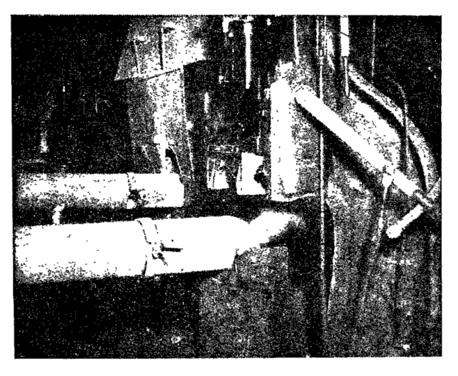
وتنقل المواسير بعد عملية الضبط النهائى ، إلى درافيل الاستعدال ، ثم تغسل هذه المواسير بالماء وتهذب أطرافها ، ثم تلولب (تقلوظ) . وتستعمل هذه الوسيلة

فى الإنتاج السريع ، إذ يمكن إنتاج (٣٠٠ ماسورة فى الساعة) ، طول كل منها ٢٠ قدما . ويمكن بمثل هذه الطريقة إنتاج المواسير بلحام الطرف على الطرف بدلا من لحام الطرف فى مقابلة الطرف ، القورة على القورة .

لف المعادن على الساخن

يمكن إجراء عمليات اللف بالآلات اليدوية أو بالقوالب المثبتة فى المطارق البخارية ، أو غيرها من المطارق الميكانيكية ، كما تستخدم فى تصغير فوهات الإسطوانات ، التى تستعمل لتعبئة الغازات المضغوطة أو السائلة . كذلك تستخدم فى تشكيل المعادن ، التى يطلب فيها السطح أملس والأبعاد مضبوطة أيضاً ، فى حدادة السلبيات المخروطية . ويبين (شكل ٢٤) عملية لف إسطوانة غاز .

وتتلخص هذه العملية فى تسخين فوهة الإسطوانة إلى درجة حرارة الحدادة ثم طرقها بين قالبين . وتستخدم هذه الوسيلة بالأخص ، فى الإسطوانات التى يزيد

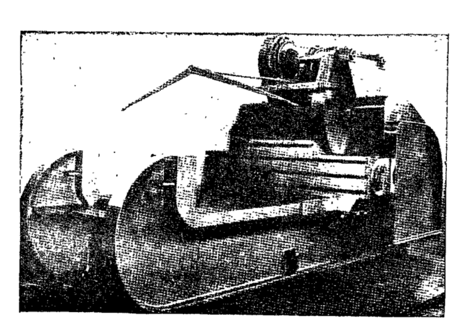


(شكل ٢٤) استعمال عملية اللف فى تشكيل فوهات إسطوانات تعبئة الغازات المضغوطة

قطرها عن (٦ بوصات) أما الأنابيب التى يقل قطرها عن ذلك ، فتشكل من المواسير غير الملحومة العادية . تسخن إحدى فوهتى الأنبوبة ، وتدار بسرعة عالية فى مكنة تجميع ويضغط عليها بآلة غير حادة ليس فيها حد قاطع ، مصنوعة من الصلب سريع القطع ، فينساب ويغلق الفوهة ، فتنسد .

مكنة الثنى والحنى الثقيلة

تستخدم مكنة الثنى والحنى الثقيلة ، لتشكيل المعادن السميكة ، كما يمكن الثنى عليها ثنياً عميقاً يصعب أداؤه فى مكنات التشكيل بالكبس العادية . ويبين (شكل ٢٥) مكنة الثنى والحنى الثقيلة المخصصة لتشكيل الأجزاء الثقيلة . وتتكون هذه المكنة من فرش من الصلب الملحم المقوى ، بضلوع كثيرة للمتانة والجسوء . وتبطن الأسطح العالة بكتل تحميل مصلدة ، لمقاومة التآكل الاحتكاكى ، وينزلق رأس دافع على الفرش ، فى إتجاه كتل التحميل فى أثناء المشوار الفعال ، ثم يرجع مكانه . وتستعمل قوالب بسيطة ، تتقابل عندما يتحرك الرأس المنزلق حركته



(شكل ٢٥) مكنة بطيئة للثنى والحنى الثقيل

المحكومة . ويتحرك الرأس عادة عن طريق يتحرك بمجموعة تروس مباشرة وقابض احتكاكي .

ويشمل استعمال مكنة الحنى والثنى الثقيل ، وضع المعدن المراد تشكيله بين القالبين ، ثم توصيل القالب ، فيتقدم الرأس المنزلق الضخم ، ويحنى المعدن أمامه . ويسخن المعدن عادة قبل التشكيل ، لتجنب إنكساره فى أثناء انحنائه أو إنثنائه ، وتستخدم هذه المكنة فى عمليات أخرى لتشغيل المعادن ، مثل القص والتخريم ، واستعدال الأجزاء المعدنية المعوجة ، كما تستعمل فى غير ذلك من العمليات المشابهة الأخرى .



أسئلة للمراجعة

١ — صف المبادىء التى تعمل على أساسها مكنة الحدادة بالدرفلة .

٢ — متى تستعمل القوالب المجمعة المسطحة فى حدادة المعدن بالدرفلة ؟

٣ — متى تستعمل القوالب الاسطوانية الكاملة فى حدادة المعدن بالدرفلة .

٤ — صف الطريقة الهيدرولية لتخريم المعادن على الساخن .

٥ — صف طريقة سحب المعادن وتقصيرها على الساخن .

٦ — اذكر بعض استعمالات السحب على الساخن .

٧ — صف بإيجاز طريقة بثق المعدن على الساخن .

٨ — اذكر المعادن وسبائكها التى يمكن بثقها بمختلف الأشكال التجارية .

٩ — صف بإيجاز أهم مميزات مكبس البثق .

١٠ — قدر حدود وسعات مكابس البثق الكبيرة التى تستعمل حاليا .

١١ — قدر أحجام أكبر منتجات هذه المكابس ؟

١٢ — اشرح عملية بثق المعادن على البارد .

١٣ — صف بإيجاز طريقة « هوكر » لبثق المعادن .

١٤ — صف بإيجاز وسيلة البثق فى الإتجاه العلوى .

١٥ — ما المقصود بتجميع المعادن على الساخن .

١٦ — صف عملية التجميع لتشكيل رأس غلاية (مرجل) ضغطه عال .

١٧ — صف بإيجاز عملية إنتاج المواسير على الساخن بدون لحام .

١٨ — اذكر العمليات النهائية ، لإنتاج مواسير الصلب لتشطيب سطوحها .

١٩ — صف بإيجاز عملية إنتاج مواسير الصلب باللحام .

٢٠ — صف عملية لف المعدن على الساخن .

٢١ — كيف تستعمل مكنة الدفع فى تشكيل المعدن ؟

الباب العاشر

تنظيف وتشطيب المطروقات

إزالة طبقة الأكسيد

تنظف المطروقات عادة بعد تشكيلها بأحد الأساليب السابق شرحها ، وذلك قبل أو بعد عمليات المعاملة الحرارية تُكسَى أسطح المطروقات المصنوعة من الصلب بعد تشكيلها بطبقة أو بقشرة من الأكسيد لتعرض الصلب المسخن للهواء . ويتوقف سمك ومقدار هذه الطبقة على درجة الحرارة ، التى يسخن إليها الصلب ، وعلى المدة اللازمة لأداء خطوات تشكيل المطروقات . ويمكن إزالة هذه الطبقة القشرية بعدة طرق . فيستخدم البخار أو الهواء المضغوط لإزالتها فى أثناء تشكيل المطروقات ، وذلك بدفع الهواء باستمرار خلال جزء القالب الأسفل ، وذلك من ماسورة متصلة به ، فتزال القشرة عن سطوح المطروقات بمجرد تكونها ، وتستخدم لذلك أنابيب مرنة لتوصيل الهواء فى حالة المطروقات الكبيرة ، وذلك لأن فتحة دخول الهواء يلزم نقلها من مكان إلى آخر فى القالب . وعندما يطرق المعدن ، أو يضغط بين جزئى القالب ، تتشقق القشرة المتكونة وتنفصل من المعدن المطروق ، وتسقط داخل القالب ، لذلك يستحسن إزالة هذه القشور مباشرة ، خصوصا من جزء القالب الأسفل قبل استمرار إجراء عمليات أخرى بهذا القالب . وتطرد هذه القشور خارج القوالب بنفخها بعد إتمام آخر عملية ، وذلك لإعدادها للدورة التالية .

وتلاحظ قابلية المطروقات للالتصاق فى القوالب بعد تشكيلها النهائى فى قالب التشكيل الأخير ، لذلك يرش زيت مناسب على سطوح القوالب لمنع التصاق

المطروقات . وتستخدم لذلك كمية صغيرة من الزيت ، لتجنب تلف القوالب الساخنة ، إثر استعمال كميات كبيرة من الموائع ، التى ربما تؤثر على صلادتها لملامسة هذه الموائع لصلب القالب الساخن ، وهذا يزيد من تآكله . ولإزالة هذه القشور من المطروقات أهمية بالنسبة لعمليات تشغيلها بالمكنات ، لأن هذه القشور صلدة ، وتنقص من حياة حدة آلات القطع وعدده إذا تركت على سطوح المطروقات . ويصعب تشغيل المطروقات على المكنات بدقة وتفاوت صغير فى أبعادها ، إذا بقيت هذه القشور على أسطحها . وكثيرا ما تستعمل بعض المطروقات لصنع أجزاء الآلات والمكنات التى تدور بسرعات عالية والتى تتعرض لأحمال ثقيلة ، فإذا لم تزل هذه القشور عن السطوح التى تترك دون تشغيل على المكنات ، تنفصل هذه القشور وتتسرب إلى زيت المحاور وغيرها من الأجزاء الهامة فى المكنات والمحركات والآلات التى تتكون أجزاؤها من هذه المطروقات . كما يجب إزالة القشور التى على أسطح الأجزاء التى يلزم دهانها بالبويات، وإلا ظهرت عيوب كثيرة فى السطح المدهون . وتترك فى بعض الحالات هذه القشور دون إزالة كما فى حالة تركيبات المواسير ، لأنها تحمى السطح من التآكل التفاعلى ، الذى تتعرض له هذه المواسير .

تنظيف المطروقات بالتغطيس والتحميض وبالرج والهز فى براميل

التنظيف الدوارة وبالرش

تتلخص عملية التغطيس والتحميض ، التى تستخدم لتنظيف المطروقات ، فى تغطيسها فى خزان مليء بمحلول حامض ، يضعف تماسك القشور بالسطح ، ويزيلها إذا تركت المطروقات مدة معينة فيه ، وذلك إذا كان تركيزه قويا يكفى لإزالة هذه القشور عن سطح المطروقات . وكثيرا ما تضاف إلى المحلول ، مادة مانعة فى خزان التحميض ، لتجنّب سطح المعدن النظيف ، فاعلية محلول الحامض بعد إزالة القشور .

ويتركب المحلول الحامضى ، المستخدم فى إزالة القشور من مطرقات الصلب ،

من (١٢ إلى ١٥ ٪) من الحامض الكبريتى المركز ، والباقى ماء . وترفع درجة حرارة المحلول إلى درجة حرارة ثابتة ، تختلف باختلاف المعادن . ويختبر المحلول دوريا للتأكد من نسبة تركيزه ، التى يجب أن تكون ثابتة دائما . وتستخدم محاليل حامضية مناسبة لإزالة القشور من المطروقات غير الحديدية ، مثل النحاس الأحمر والنحاس الأصفر ، والبرنز والألمنيوم ، ومعدن «مونل» . وتستخدم عملية هز ورج المطروقات ، فى براميل دوّارة ، لإزالة القشور ولتنظيف المطروقات . ويلزم لهذه العملية معدات بسيطة ، تتكون من برميل لوضع المطروقات فيه مع مواد حاكة آكلة ، مثل الرمل الخشن ، أو مثل أجزاءصغيرة معدنية . ثم يدار البرميل آليا بسرعة بطيئة وهو مائل ، وتوضع المطروقات فى هذا البرميل ، فتنظف باحتكاكها بالمادة الحاكة الآكلة فتنفصل القشور عن سطح المطروقات . وتتراوح المدة اللازمة لإجراء هذه العملية ، فيما بين (١٠ دقائق و ٤٠ دقيقة) تبعاً لنوع وحجم المطروقات . ولا تقتصر فائدة عملية الرج والهز هذه . على تنظيف السطح بعملية الاحتكاك مع حبيبات مادة الحك ، والمادة الآكلة ، وإنما يؤثر النقر والتصادم المتوالى ، والطرق فيما بين المطروقات على سطوحها فينظفها . ويعتقد البعض ، أن الإجهادات الداخلية المتولدة إثر عمليات تشغيل وتشكيل المطروقات ، تزال بعض الشىء بفعل هذا التصادم والنقر ، فيما بين المعدن والرمل الخشن ، والأجزاء المعدنية الصغيرة المستعملة فى هذه العملية . ويجب الاحتراس عند إجراء عملية الرج والهزهزة ، عند أدائها ، وذلك فى حالة المطروقات التى لها حواف حادة ، ومقاطع محددة ، لاحتمال تلفها بفعل الاحتكاك . وتستعمل أيضاً وسائل تنظيف مناسبة أخرى لمثل هذه المطروقات .

وتستخدم كذلك وسيلة الرش بالرمل ، والرش بكرات معدنية صغيرة ، بنجاح فى عمليات التنظيف الحديثة . كما تستخدم مختلف الوسائل والمكنات ، لتنظيف المطروقات بالرش . وتتلخص إحدى هـــذه الوسائل فى توجيه الرمل أو الحصى أو الحبيبات المعدنية (تكون عادة من الحديد الزهر الأبيض)

إلى المطروقات . ويستعمل الهواء المضغوط ، أو القوة المركزية الطاردة ، أو غير ذلك من أجهزة مناسبة ، للحصول على الطاقة اللازمة لعملية التنظيف بالرش ، فتخرج المادة الحاكة المنظفة بقوة من فوهة الرش ، وتصطدم بالمطروقات ، فتنزع عنها قشورها . وتستعمل هذه الوسيلة عادة لإزالة القشور عن المطروقات ، لأثرها الواضح السريع ، على الأخص عند إنتاج المطروقات الصغيرة والمتوسطة على نطاق واسع . وتنتج عن عملية التنظيف بالرش سطوح مشطبة ناعمة .

المعدات الحديثة المستعملة لتنظيف المطروقات بسرعة وبطريقة فعالة

في (شكل ١) جهاز رش بالقوة المركزية الطاردة ، وهو أحد أنواع المعدات الحديثة المستعملة لتنظيف المعادن بسرعة . وتصل المادة الحاكة الخادشة إلى (سرة) أو مركز العجلة الدوارة عن طريق خزان مرتفع ، فتندفع بفعل طرد دوران العجلة المركزى إلى الجزء المراد تنظيفه ، بسرعة دفع هى فى الواقع محصلة السرعة المركزية والسرعة (المماسة) ، وهكذا تستغل كل الطاقة المستنفدة بوساطة جهاز الرش وتكون السرعة المركزية



(شكل ١) مكنة الرش بالقوة المركزية الطاردة

الطاردة فى اتجاه شعاعى من المركز وتكون السرعة المماسة فى اتجاه الدوران على استقامة مماس العجلة . ويمكن تقدير السرعة المحصلة ، بمثلث السرعات قائم الزاوية ، الذى يمثل ضلعاه السرعة المركزية والسرعة المماسة ، ووتره السرعة المحصلة .

ويتبين من (شكل ١) الأجزاء المختلفة فى العجلة الدوّارة فى مكنة الرش ، مرموزاً لها بحروف كالآتى :

(ا) خزان تغذية لتغذية المادة الحاكة الخادشة .

(ب) مادة الحك والخدش (حبيبات معدنية أو غير معدنية صلدة) .

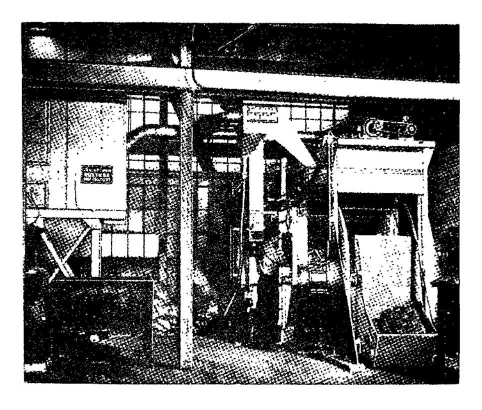
(حـ) محددات خاصة لتحديد المسافة بين الجانبين .

(ى) جوانب من صلب صلد خاص .

(هـ) ريش من الحديد الزهر يمكن استبدالها .

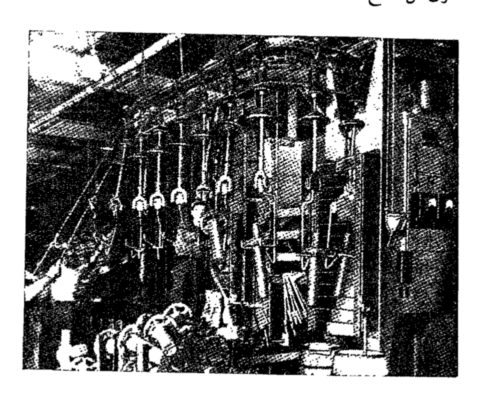
(و) تقفيصة للضبط مصنوعة من السبائك .

(ز) دوّارة مسبوكة من سبائك معينة (تدور مع العجلة) . وتحمل هذه الوحدة مجمعة ، المادة الحاكة الخادشة إلى فوهة التحكم ، وتخرج منها إلى منطقة الرش فى العجلة .



(شكل ٢) مكنة الرش بالمركزية الطاردة فى أثناء الأداء

ويبين (شكل ٢) تركيبات مكنة رش بالمركزية الطاردة (٣٦" × ٤٢" بوصة) فى أثناء استعمالها فى تنظيف المطروقات ، وذلك فى مصنع شركة (كروب) فى شيكاجو . والوحدة المبينة فى (شكل ١) ، جزء من أجزاء هذه المكنة . وتزال القشور من المطروقات بسرعة ، فيحقق هذا اقتصاداً فى النفقات . وتخرج المطروقات من هذا الجهاز وأسطحها منتظمة النظافة ، فتجرى بعد ذلك عملية فحصها فى يسر ، إذ تظهر عيوب السطح واضحة . ويمكن بعد عملية التنظيف هذه ، إجراء عمليات التشغيل بالمكنات والتجليخ بسرعة ، لأن مكنات التنظيف تزيل القشور والشوائب الأخرى عن سطح المعدن نفسه .



(شكل ٣) مكنة تنظيف لازالة القشور والشوائب من أعمدة المرفق

ويبين (شكل ٣) مكنة تنظيف من مكنات شركة (وايمان — جوردون) فى (وستمنستر ماساتشوست) . تزيل هذه المكنة القشور والشوائب الأخرى عن أعمدة مرفق الطائرات ، وأعمدة المراوح والمنتجات المشابهة الأخرى . وتتكون

المكنة من وحدة تنظيف ، وحجرة ، وترتيبة ميكانيكية خاصة ، لنقل المطروقات بتتابع يناسب خطوات أساليب الإنتاج على أساس خطوطه . ويقدر الزمن اللازم لتنظيف عمود مرفق زنته (٥٥٠ رطلا) ، وكذلك الزمن اللازم لتنظيف المطروقات الأخرى الثقيلة ، بما لا يزيد عن (٩٠ ثانية) . ويمر بهذه الوسيلة صف من هذه المطروقات الكبيرة ويدخل فى المكنة باستمرار وبسرعة منتظمة .

استعمال كريات معدنية لتنظيف المطروقات

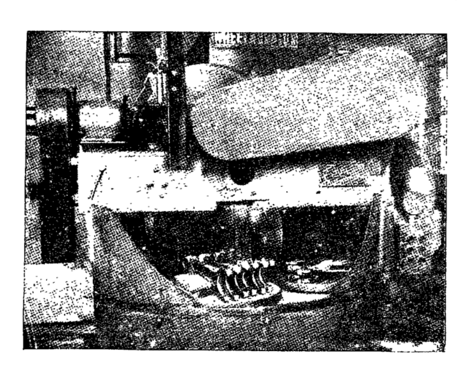
تعتبر هذه الوسيلة إحدى وسائل التشغيل على البارد ، وتتلخص فى صدم سطح المطروقات بكريات من المعدن ، تنطلق وتصدم المطروقات بسرعة عالية نسبيا . والأساس فى هذه العملية ، هو الضغط على السطح للاستزادة من تحمل المعدن ومقاومته . والنظرية فى هذا معروفة منذ زمن طويل ، إذ تزيد عملية الصدم هذه ، مقاومة المعدن لإجهادات الكلال ، ومثلها فى ذلك مثل عمليات التشغيل على البارد الأخرى ؛ إذ يتعرض سطح المطروقات لإجهادات الشد والضغط واللى التى تزيد عن حد المرونة .

وتنطلق الكريات المعدنية هذه ، من ريش عجلة دوارة تدور بسرعة كبيرة ، فتصطدم بسطح المطروقات وتؤثر فى موضع التصادم على سطحها تأثيرا موضعيا . ولقد أثبتت التجارب أن إجهاد الضغط والصدم ، الذى يحدث على السطح إثر تصادم الكريات المعدنية يزيد عدة مرات على إجهاد الشد المستولد داخل المقطع . وبذلك تقلل الإجهادات الباقية على السطح ، أثر هذا التصادم ، من شأن الإجهادات التى تؤثر عليه ، إثر الشد المتولد فى أثناء العمل . وتطيل عملية النقر زمن إجهادات كلال المعدن وتعبه فى المنتج إذ أن سبب انهيار المعدن من الكلال والتعب ، يكون غالبا نتيجة لإجهادات الشد ، لا لإجهادات الضغط .

وتظهر حفر صغيرة على سطح المطروقات ، تشابه الحفر التى تحدثها مطرقة صغيرة ، وهذا يشوه بنية السطح . كما تستولد كل حفرة من هذه الحفر ، إجهادات

ضغط تحت السطح مباشرة ، يتراوح انفعالها فيما بين (٠٫٠٠٥" بوصة إلى ٠٫٠١" بوصة) وبذلك توازن إجهادات الضغط هذه إجهادات الشد داخل المعدن ، المستولدة من الاستعمال ، كما تقلل إجهادات الضغط هذه ، تأثير إجهادات الشد المضرة ، التى تسبب عادة انهيار المعدن . كما يصلّد هذا الصدم سطح المعدن ، لانفعاله على البارد ، لذلك تحسن هذه العملية خواص المعدن المرغوب فيها .

ويمكن تحوير مكنة التنظيف المبينة فى (شكل ١) ، لتقوم بعملية الصدم بالكريات ، وذلك باستخدام القوة الطاردة المركزية فى قذف الكريات الصلدة المعدنية بسرعة عالية ، لتصطدم بسطوح المطروقات . كما يمكن كذلك إطلاق الكريات هذه بضغط الهواء . وتتحسن مقاومة بعض أجزاء المكنات ، مثل أعمدة الدوران ، وأعمدة المرفق ، وأعمدة الكامات ، وأذرع التوصيل ، والتروس واليايات ، لإجهادات التعب فى أثناء الاستعمال بمعالجتها بالنقر . وتستعمل هذه الوسيلة بنفس النتيجة الحسنة المذكورة ، فى الأجزاء غير منتظمة الأسطح ،



(شكل ٤) عملية رش أذرع توصيل بالكريات

عندما لا يتيسر معالجتها بوسائل التشغيل على البارد الأخرى . ويمكن ملاحظة سهولة استعمال وسيلة الصدم بالكريات ، لمعاملة أسطح محلية فى أجزاء مثل دورانات أركان الأعمدة وأسنان التروس لغرض تجنب تركيز الإجهادات .

ويبين (شكل ٤) تركيبات مكنة لصدم أذرع التوصيل بالكريات ، فى مصانع شركة (كاديلاك) للسيارات . وتوضع الأجزاء على عدة صوانى مكسوة بالمطاط ، مثبتة على هيكل شعاعى رئيسى يدور على محور فى مركزه . وعند ما يدور سطح القاعدة حول محوره ، تتحرك الصوانى كل على حدة على التوالى ، فتدخل غرفة الرش ، وتدور الصوانى تلقائيا عندما تقترب من مسار تيار الرش الخارج من فوهة المرش المثبتة فوقها ، وتستمر فى دورانها إلى أن تبتعد من مجال الرش . وحركة الأجزاء بهذه الطريقة تحقق رشا منتظما على الأسطح المعرضة له . وتقلب الأجزاء عند عودة الصوانى إلى الوضع التى تشحن فيه أو تحمل فيه ، وذلك فى جزء المكنة الأمامى ، ثم تمرر مرة أخرى خلال مسار تيار الرش ، لرش الأسطح التى لم تتعرض فى المرة الأولى .

عمليات إضافية للتقليل من كمية التشغيل بالمكنات

يقل زمن التشغيل وكذلك كمية المعدن المزال فى عمليات التشغيل (العمليات التى يقصد منها تقريب أبعاد المطروقات إلى الأبعاد الاسمية ، لأن فى حالة تشكيل المطروقات المصنوعة فى قوالب التشكيل ، تكون أبعادها تقريبية غير مضبوطة تماما على الأبعاد النهائية المشطبة) عنها فى المشغولات غير المطروقة ، ولكن يمكن تخفيض زمن التشغيل بالمكنات فى عمليات تشطيب المطروقات ، بإعادة طرقها أو سكها . وتجرى هذه العمليات لضبط أبعاد المطروقات وتقريبها إلى الأبعاد النهائية ما أمكن . إما للاستغناء تماما عن عمليات التشطيب بالتشغيل بالمكنات ، أو بالتجليخ أو للاستغناء عنها إلى أدنى الحدود .

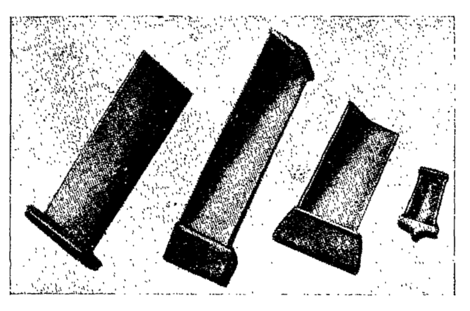
ويمكن تخفيض تكاليف الإنتاج فى حالات كثيرة ، بالاقتصاد فى تكاليف

رباطات ومرشدات التشغيل ، بتخفيض الوقت اللازم لتحضير الآلات وتوظيبها وتهيئتها استعدادا لتشغيل المطروقات على المكنات لتشطيبها نهائيا . لذلك يجب عند تصميم المطروقات ، الأخذ فى الاعتبار ، احتياجات عمليات التشطيب بالمكنات إذ كثيرا ما يمكن تشكيل أجزاء لا تحتاج لتوظيب الآلات أو لتحضير وتهيئة المكنات استعدادا للتشغيل ، توظيبا وإعداداً معقدين .

أصبحت حدادة السبائك بالتساقط ، التى يلزم رفع درجة حرارتها كثيرا ، عملية تحتاج إلى تخصص وخبرة . وكانت الحاجة ملحة لصنع ريش التربينات الغازية المستعملة فى محركات الطائرات النفاثة ، بالحدادة . وكان من اللازم أن يتوافر فى هذه الريش ، مقاومة عالية لكلال المعدن وتعبه ، وزيادة كبيرة فى حد التحمل الذى هو فى الواقع العامل الأول ، والقوة الدافعة فى تطوير أساليب حدادة هذه السبائك . ولا تختلف الريش فى المحركات النفاثة الحديثة كثيرا ، عن الريش فى الشحانات التربينية المستخدمة فى المحركات الترددية ، المستعملة فى الطائرات . ودعى ارتفاع درجة الحرارة التى تتعرض لها ريش المحركات النفاثة إلى تطوير واستعمال السبائك ، التى يلزم تشكيلها بالحدادة عند درجات الحراراة العالية : وهذه السبائك لها مقاومة شد كبيرة عند درجات الحرارة العالية ، كما أن لها ممطولية ممتازة وقابلية للحام . وتشكل وتصنع ريش المحركات النفاثة من هذه السبائك الجديدة ، إما بالحدادة الدقيقة ، أو بالسباكة الدقيقة .

وتستولد أساليب الحدادة الدقيقة الحديثة ، المستعملة فى تشكيل هذه الأجزاء الممتازة ، خواص فيزيائية فى المشغولات ، منها مقاومة إجهادات الكلال ، ورفع حد التحمل ، ومقاومة عامة ومتانة كبيرتين بالنسبة إلى مساحة المقطع ، وكذلك قدرة على التحكم فى كثافة حبيبات البنية أو انتظامها . ولا تخضع بعض السبائك الخاصة المستعملة فى المطروقات ، لوسائل المعاملة الحرارية العادية ، لاستيلاد الخواص الميكانيكية اللازمة للاستخدام العنيف . وقد طورت إحدى عمليات الحدادة المتساقطة ، لتؤدى على خطوتين ، وذلك لتجنب هذه الصعوبة عند صنع

طارات المشحنات التربينية ، وذلك بإجراء بعض عمليات التشغيل على البارد لتصليدها . ويبين (شكل ٥) ريشا مشكلة بالطرق ، تشكيلا دقيقا ، وهى جزء من أجزاء المحركات النفاثة .



(شكل ٥) ريشة من ريش المحركات النفاثة شغلت بالحدادة

وتشمل عملية الحدادة الدقيقة خطوتين : الأولى تشكيل الجزء على الساخن وضبط أبعاده ضبطاً دقيقاً ، والثانية استيلاد الخواص الفيزيائية المنتظمة بتشغيلها النهائى على البارد . ويضبط مقدار التشغيل على البارد فى قوالب التشطيب ، وذلك بتصميم قوالب التكتيل تصميما مضبوطا صحيحاً . وهذه القوالب تستعمل فى الخطوة الأولى لعمليات التشكيل . وهذا يحقق صلادة منتظمة موزعة على مقطع الجزء المشغل . ويجب توافر الشروط الآتية لإنتاج مطروقات دقيقة من سبائك درجات الحرارة العالية :

التحكم فى التسخين والمحافظة على تطابق محورى قالبى الحدادة ، والعناية والمحافظة على حدة ودقة أشكال القوالب ، تحقيقاً لدقة التفاوت المطلوب . ويلزم عند حفر وتشكيل القوالب وتشطيبها ، مراعاة الدقة لتكوين تسامح وخلوص الانطباق المطلوبين ، وكذلك لتوليد الخواص الفيزيائية ، وتكوين البنية المنتظمة المرغوبة .

وتشمل دورة الإنتاج فى عمليات الحدادة الدقيقة عدة خطوات : أولاها اختيار الخامة المناسبة ، بعد أن تفحص فى معامل الفحص والتفتيش . ثم تقطع الخامات إلى أطوال تناسب عمليات الحدادة ، وذلك باستخدام مكنات النشر أوالقطع بالمواد الحاكة ، ثم تسخن إلى درجة حرارة الحدادة فى فرن معد بجهاز لقياس درجة حرارة « بيرومتر » . وتجرى عمليات الحصر أو الكبس لتجميع كمية المعدن وتوزيعه فى مواضع معينة ، للتأكد من ملء لجوات تشكيلات القوالب . ويلزم فى الخطوات التالية ، كما يلزم فى بعض الحالات الأخرى ، تسخين المعدن عدة مرات قبل الانتهاء من عمليات التشكيل . ويترك الجزء المطروق ليبرد ويصبح فى درجة الحرارة العادية ، ثم ينظف لإزالة قشور الحدادة ليمكن من فحص المعدن للتأكد من خلوه من الالتحامات والتشرخات والثنيات والعيوب الأخرى. ثم يسخن المعدن مرة أخرى ، بطرقه فى قوالب الضبط ، حيث يبدأ التشكيل ويستمر توليد ألياف البنية الانسيابية . ولا تطرق القطعة إلا مرة أو مرتين فى عمليات الضبط ، وفى كل مرة تهذب أطرافها على الساخن ، ثم يعاد تسخينها وتطرق من جديد . وتستمر دورة التسخين والحدادة وتهذيب الأطراف ، حتى يتخذ المعدن الشكل والحجم المطلوبين فى قوالب الضبط . ثم تترك الريشة مرة أخرى لتبرد ثم تفحص بعناية . وتستأنف عملية التسخين والحدادة وتهذيب الأطراف فى قوالب التشطيب ، حيث يتصلد المعدن بالتشغيل ، وتستولد فيه الخواص الفيزيائية المرغوبة . وتنظف الريش المطروقة برشها برمل ناعم بعد اختبار صلادتها . ثم تجرى عملية فحص واختبار ، تنتخب من العمليات التى لاتؤثر فى مقاومة خواص الجزء الميكانيكية . وذلك باستعمال عملية الفحص المغناطيسى ، ثم تنتهى دورة الإنتاج بفحص نهائى ، يشمل التأكد من دقة الأبعاد وفحص جودة السطح المشغل .

أسئلة للمراجعة

١ — صف بإيجاز الوسائل المستعملة لإزالة القشور عن المطروقات .

٢ — صف وسيلة لتنظيف المطروقات بالتغطيس والتحميض .

٣ — صف وسيلة لتنظيف المطروقات بالرج والهز فى البراميل .

٤ — صف وسيلة تنظف المطروقات برشها بالرمل وبالكريات الصلدة المعدنية .

٥ — صف بإيجاز أداة تركيبة الرش المبينة فى (شكل ١) .

٦ — صف عملية الصدم والرش بالكريات المعدنية .

٨ — كيف ولماذا تتحسن الخواص الفيزيائية فى قطعة تعرضت للرش والصدم بكريات معدنية ؟

٨ — ماهى العمليات الإضافية التى يمكن إجراؤها لتخفيض كمية التشغيل بالمكنات لتشطيب المطروقات ؟

٩ — صف عمليات الحدادة الدقيقة ، التى تجرى على سبائك درجات الحرارة العالية .

١٠ — ما هى الخواص الفيزيائية التى تظهر فى مشغولات الحدادة الدقيقة ؟

١١ — صف بإيجاز عملية الحدادة الدقيقة التى تجرى على خطوتين .

١٢ — ما الخطوات الرئيسية فى دورة إنتاج الحدادة الدقيقة ؟

الباب الحادى عشر

معاملة المطروقات حراريا

معاملة مطروقات الصلب حراريا

يحدث لكل المطروقات ، وخصوصا المصنوعة من الصلب ، قدر معين من المعاملة الحرارية فى أثناء الحدادة . لذلك يمكن استعمالها دون إجراء معاملة حرارية أخرى عليها . ومع ذلك تجرى بعض المعاملات الحرارية على كثير من المطروقات مرة أو مرتين قبل استعمالها ، للاستفادة منها إلى أقصى الحدود . وتجرى المعاملات الحرارية غالبا قبل وبعد التشغيل بالمكنات . كما تجرى المعاملة الحرارية الأولى لتوليد بنية حُبَيْبِيَّة منتظمة فى المعدن ، ولتيسير تشغيل المطروقات على المكنات . وتجرى المعاملة الحرارية النهائية لإعداد المطروقات المشطبة للاستعمال المطلوب : فمثلا ، تجرى عمليات تصليد ومراجعة نهائية على آلات وعدد القطع والتشكيل ، المصنوعة بالحدادة ، لضرورة الصلادة مع المتانة فيها .

وتؤثر كل من درجة حرارة التشطيب الثابتة فى أثناء الحدادة ، وطريقة التبريد على المشغولات ، فتزداد صلادة المشغولات زيادة كبيرة ، نتيجة للتبريد السريع من درجات الحرارة العالية ، كما تزداد الإجهادات الداخلية بسبب تغير البنية الحبيبية . لذلك يجب إجراء عملية تخمير على المشغولات بتسخينها إلى درجة حرارة معينة ، فى فرن للتخمير ، ثم بتركها لتبرد فى الفرن ببطء لتلين المعدن استعدادا لإجراء عمليات التشكيل بالمكنات . وتستخدم بعض أساليب المعاملة الحرارية ، لتصغير البنية الحبيبية بعد تضخمها . إثر إجراء عمليات الحدادة ، وخصوصا عند درجات الحرارة العالية . وتجرى جميع عمليات المعاملة الحرارية ،

بالتحكم فى معدل تسخين وتبريد المشغولات وهي صلبة متجمدة ، للحصول على الخواص المعينة المطلوبة . وتجرى هذه العمليات فى أفران تصمم خصيصا لتناسب المطروقات المنتجة ، والمعاملة الحرارية المناسبة لها . راجع درجات الحرارة المستعملة فى المعاملات الحرارية المختلفة ، والخواص الهامة الأخرى للمعادن وذلك فى جدول رقم (٣) من هذا الباب .

تخمير مطروقات الصلب

تستعمل عملية التخمير أساسا لتليين المعدن ، كما أنها تستعمل أيضاً لإزالة الإجهادات الداخلية عن المطروقات ، وكذلك الغـــازات لتحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية . وتتلخص العملية فى تسخين المطروق فى فرن التخمير إلى درجة حرارة المعدن الحرجة أو إلى درجة أعلى منها ، وهذه تتراوح فيما بين (١٣٠٠° ف و ١٦٥٠° ف) تبعا لنوع ومستوى الصلب المصنوع منه الجزء ، والغرض الذى من أجله تجرى عملية التخمير . ويترك المطروق عند إحدى الدرجات فيما بين حدود درجة الحرارة المذكورة لفترة معينة من الزمن . ثم يترك ليبرد ببطء داخل الفرن . وتضبط درجة حرارة التخمير ومعدل سرعة التبريد خلال عمليات التخمير .

ويحقق إجراء عملية التخمير على الوجه الأكمل النتائج الآتية :

إزالة الانفعالات المتراكمة فى أثناء مختلف عمليات الحدادة ، والانفعالات الناتجة من الضغوط الداخلية فى المعدن ، وتليين المعدن لتشكيله بالمكنات أو تجليخه ، وتغيير مطوليته وتصغير بنيته الحبيبية ، وتوليد بنيةمعينة فى المعدن حسب الطلب . ويلزم اتباع خطوات العمل المناسبة لنوع الصلب المستخدم ، وإلا تتلف القطعة للأضرار اللاحقة بها إثر خطأ المعاملة الحرارية . ويجب تخمير المطروقات المصلدة قبل تشغيلها بالمكنات أو تجليخها ، مع حمايتها من تكون القشور ، وتخليصها من الكربون على قدر الإمكان .

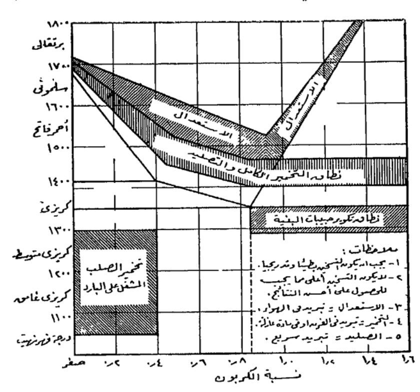
وتستخدم أفران خاصة يمكن التحكم فى جوها ، لتخمير المطروقات عالية الجودة ، وإذا لم يمكن التحكم فى جو الفرن ، تعامل داخل صناديق محكمة فى الأفران العادية . ويجب إذا استعملت الصناديق أن تملأها بمادة كربونية (فحم نباتى أو غازات أو سوائل تحتوى على الكربون ... الخ) تناسب الغرض . ويلزم فى كل من الطريقتين ، تسخين بطىء من درجات الحرارة المنخفضة إلى درجات الحرارة العالية المضبوطة ، وخلال مدة كافية عند هذه الدرجة ، تسمح بتغلغل الحرارة داخل المطروق ، ثم تترك المطروقات لتبرد فى الفرن ، أو تفرغ من الصندوق وهى ساخنة ، ثم تدفن فى رماد جاف أو فى جير ، أو أى مادة أخرى عازلة هامدة كياويا ، ثم تترك حتى تبرد . ويستحسن استخدام هذه الطريقة فى تبريد مطروقات صلب العدة بعد عمليات الحدادة مباشرة . ولأغلب أنواع صلب العدة خاصية التصلد فى الهواء ، لذلك يلزم تبريدها ببطء من درجة حرارة الحدادة العالية . كما يجب حماية المطروقات من الرطوبة وتيارات الهواء ، بدفنها فى إحدى المواد العازلة الهامدة المذكورة .

استعدال بنية مطروقات الصلب

استعدال البنية عملية تجرى بعد العمليات الحرارية والدرفلة ، لتوليد بنية منتظمة ، ولتصغير حبيباتها ، كما تجرى هذه العملية على المطروقات ، إذا اتضح أن الصلب قد سخن أكثر مما يجب ، أو إذا لم تعرف العمليات التى أجريت على المطروقات قبلا . وتتلخص العملية فى رفع درجة حرارة الجزء إلى (١٠٠°ف) فوق درجة الحرارة الحرجة ، ثم فى تبريدها فى الهواء فى درجة حرارة الجو العادى . ويحسن إجراء عملية الاستعدال بين عمليتى الحدادة والتخمير فى بعض أنواع ومراتب الصلب ، لأنها تزيد من مطاوعته للعمليات التالية . ودرجات الحرارة الحرجة فى المعادن ، هى درجات الحرارة التى عندها تتغير خواصها الفيزيائية ، وتصبح بنية المعادن بعد بلوغها درجة الحرارة الحرجة ، حرة ، فيمكن بدء تبلورها

من جديد . ويبين (شكل ١) درجات الحرارة الحرجة فى رسم بيانى يوضح نطاقات الاستعدال والتخمير والتصليد .

وتتبع الطريقة الآتية لبلوغ أحسن النتائج من عملية الاستعدال : يسخن المطروق ببطء إلى درجة الحرارة المذكورة سابقا ، ويترك فى هذه الدرجة مدة كافية لتسخينه بانتظام ، ثم يبرد فى الهواء . ويحتمل أن تتكون بعض إجهادات بسبب هذا التبريد فى الهواء ، إلا أنها أقل ضررا من تلك التى تتكون فى أثناء عمليات الحدادة نفسها . وعلى أى حال ، يمكن إزالتها بإجراء عملية تخمير بعد الاستعدال مباشرة . ويتصلد الصلب عالى الكربون ، والصلب عالى الرتبة من أنواع صلب السبائك ، وصلب العدة ، بسهولة فى الهواء ، لذلك يتعرض لإجهادات تبريد مضرة . ويحسن ألا يؤدى عملية الاستعدال ، إلا العمال والصناع ذوو الدراية الكافية بعمليات المعاملة الحرارية ، إثر الخبرة العملية والدراسة . ويسهل تشغيل المطروقات التى أجريت عليها عمليات الاستعدال هذه ، بالمكنات ، ولو أنها لا تصل



شكل ١ رسم بيانى لدرجات الحرارة الحرجة يوضح نطاقات الاستعدال والتخمير والتصليد

إلى درجة سهولة تشغيل الأجزاء المخمرة . وترتفع مقاومة الشد ، ونقطة الخضوع فى المطروقات التى أجريت عليها عملية الاستعدال ، عن مثيلاتها التى أجريت عليها عملية التخمير .

تصليد مطروقات الصلب

تجرى عملية تصليد مطروقات الصلب بتسخينها إلى درجة أعلى بقليل من درجة الحرارة الحرجة ، ثم بتبريدها بسرعة ، بتغطيس الصلب الساخن فى وسيط مُبرِّد مثل الماء ، أو محلول ملح فى الماء ، أو الزيت . وكان الصلب يسخن قديما فى كور بسيط من أكوار الحدادة ، حتى يحمر لونه ، ثم يقرب منه مغناطيس للتأكد من أنه وصل إلى درجة الحرارة المضبوطة : لأن الصلب يفقد خاصية المغناطيسية فوق درجة الحرارة الحرجة . ويسخن الصلب استعدادا لتصليده بالمعاملة الحرارية الحديثة ، فى أفران خاصة ، إلى درجة الحرارة المضبوطة ، ويمكن التحكم فى كثير من هذه الأفران ، بضبط درجات حرارتها ، وكذلك ضبط الفرن الداخلى ، حيث يسخن الصلب .

وتختلف درجة حرارة التصليد باختلاف نوع الصلب ومرتبته ، وتتراوح فيما بين (١٤٠٠°ف) للصلب الكربونى و (٢٣٠٠°ف) للصلب السبائكى عالى الجودة ، ويجب تسخين الصلب ببطء وانتظام ، أيا كان نوعه أو مرتبته . ويسخن الصلب الذى تزيد درجة حرارة تصليده عن (١٨٠٠°ف) ، تسخينا مبدئيا فى فرن منفصل ، أو فى حجرة تسخين مبدئى فيما بين (١٦٠٠°ف و ١٧٠٠° ف) . ثم تسخن بعد ذلك بسرعة ، حتى تصل إلى درجة حرارة التصليد فى فرن التصليد . ويجب ألا ترفع درجة الحرارة عن درجة حرارة التصليد ، التى تعين بالخبرة العملية الطويلة . كما لا يصح أن يبقى الجزء فى الفرن مدة أطول من اللازم ، خشية الآثار السيئة التى تترتب على ذلك ، فيتلف المعدن ، وتنقص مدة التسخين اللازمة إلى حوالى النصف إذا استخدمت للتسخين حمامات من الملح المنصهر أو الرصاص ، بدلا من

أفران التصليد . ولـكن يلزم تسخين القطعة قليلا قبل تغطيسها فى حمامات التسخين هذه . وهى عبارة عن خزانات بها الملح أو الرصاص منصهرا ، وفى درجة حرارة عالية تناسب درجة المعاملة الحرارية المطلوبة .

وتطرأ تغيرات حجمية فى أثناء تصليد قطع الصلب ، تحدث فيها إجهادات داخلية عالية ، قد تسبب انـكسارها إن لم تخلص منها . ويحدث هذا خاصة ، فى الآلات المصنوعة بالحدادة ، ولذلك يجب البدء فى عملية الاستعدال بعد عملية التصليد مباشرة ، ويفضل إجراؤها قبل انخفاض درجة حرارة القطعة إلى درجة الحرارة العادية . كما يجب ترك القطعة فى الوسيط المبرد ، لتبرد إلى درجة (٢٠٠°ف) على الأقل .

وهناك عدة وسائل لتبريد الصلب المسخن ، تتوقف على نوع الصلب ومطالب استعماله ، وكذلك على المعدات التى فى متناول اليد ، ويبرد الصلب المسخن فى الماء أو محلول الملح : أو فى حمامات الملح ، أو فى الرصاص أو فى الهواء الساخن أو فى التيار الهوائى السريع . ويجب ضبط درجة حرارة سائل التبريد فى درجات تتراوح فيما بين (٧٠°ف و ١٠٠°ف) . وتصلد الآلات المصنوعة بالحدادة والمنتجات الأخرى الدقيقة ، بتعبئتها فى صناديق لتجنب تلف السطح والأكسدة ، أو ملامسة القطعة للغازات غير المرغوب فيها . وتعبأ الأجزاء فى صناديق ، ومعها مواد حافظة مثل شظايا الحديد الزهر ، أو الرمل ، قبل شحنها فى الفرن ، ثم تبرد القطع فى الوسيط المناسب بعد تسخينها .

مراجعة مطروقات الصلب

تجرى عملية المراجعة على مطروقات الصلب بعد عملية التصليد . وتتلخص هذه العملية فى تسخين الجزء المصلد لمدة معينة ، ولدرجة حرارة معينة ، فيما بين درجة الحرارة العادية ودرجة حرارة الصلب الحرجة ، وتلى عملية التسخين غالبا ، عملية تبريد فى الهواء . وليست لسرعة تبريد الصلب المسخن أهمية تذكر ، عند إجراء

عملية المراجعة . ولا تستخدم كثيرا مطروقات الصلب كاملة التصلد لقصافتها . وبإجراء عملية المراجعة ، يتحول الصلب الصلد القصف إلى معدن لين له استعمالات واسعة وفوائد كثيرة .

ويتحول الصلب بإجراء عملية التصليد إلى معدن له أقصى صلادة وأقل مطولية وأصغر حجم حبيبي ، وبه أقل كمية من الإجهادات والإنفعالات الداخلية . ولا تكفى هذه الخواص غالبا لتناسب الاشتراطات الواجب توافرها فى المنتجات ، ولهذا تجرى عملية المراجعة ، لتحويل الصلب المصلد إلى معدن أقل صلادة، ولكنه أكثر مقاومة ومتانة ، منه فى حالته الأولى . كما تزيل عملية المراجعة الإجهادات الداخلية ، فتستقر بنية المعدن إذا أجريت عملية المراجعة على الوجه الصحيح .

وتتوقف درجة حرارة المراجعة على العمليات التى سبق إجراؤها على الصلب ، كما تتوقف على الغرض الذى من أجله صنعت القطعة ، وكذلك على تحليلها الكيماوى . ويمكن مراجعة الصلب الكربونى عند درجات منخفضة ، فيما بين (٣٠٠°ف إلى ٤٠٠°ف) . وتلزم لمراجعة مطروقات الصلب السبائكى العالى الجودة ، درجات حرارة تتراوح فيما بين (٩٠٠°ف و ١٢٠٠°ف) . ويجب مراجعة المطروقات التى تتعرض لدرجات حرارة عالية فى أثناء الاستعمال ، عند درجات حرارة أعلى مما تتعرض لها عند هذا الاستعمال .

وتجرى عمليات المراجعة فى أفران مراجعة هوائية ، تعمل (تلقائياً) . ويسخن الهواء بالغاز أو بالكهرباء إلى درجة الحرارة المطلوبة ، ثم يمر الهواء الساخن حول الأجزاء المراد مراجعتها . ويمكن استبدال الأفران بحمامات زيوت ساخنة ، أو أملاح منصهرة ، أو رصاص منصهر ، لتسخين الأجزاء إلى درجة حرارة المراجعة . وتغطس الأجزاء فى الحمامات المسخنة لمدة معينة ، ثم تبرد فى هواء ساكن حتى تصل إلى درجة الحرارة العادية .

ألوان الأكاسيد :

يمكن تحديد درجة حرارة الصلب المسخن ، لدرجات حرارة منخفضة نوعا ، مثل درجات حرارة المراجعة ، عن طريق لون طبقة أكسيد الحديد التى تختلف

فى السمك ، وتتكون على سطح الصلب . فيتلون سطح القطع المصنوعة من الصلب الكربونى ، اللامع ، بألوان تسمى ألوان المراجعة ، ولا تتأثر هذه الألوان بحالة الصلب الفيزيائية ، ولكنها تبين بدرجة تقريبية ، درجات حرارة الصلب أو تعين درجة حرارة سطحه على الأقل . ويجب عند تسخين القطعة ، مرور فترة زمنية كافية كى تصل درجة حرارة داخلها إلى درجة حرارة سطحها . ويبين جدول رقم (٢) الألوان التى تقابل درجات الحرارة المختلفة ، وإرشادات وبيانات أوجه الاستعمال المختلفة عند مختلف درجات حرارة المراجعة .

جدول رقم (٢) ألوان المراجعة التى تقابل درجات الحرارة المختلفة

درجات الحرارة ف°	اللون	بيانات وإرشادات للاستعمالات المختلفة
٤٣٠°	قشى فاتح	مكاشط يدوية ، ذكور القوالب ، أسلحة قطع الورق
٤٦٠°	قشى غامق	عدد توسيع الثقوب ، قوالب التشكيل
٥٠٠°	بنى غامق	مثاقيب ، مثاقيب الصخور ، أسطح رؤس المطارق ، البريمات
٥٤٠°	بنفسجى فاتح	البلط ، عدد حفر الخشب
٥٧٠°	أزرق غامق	مقاطع الحديد والصلب ، سكاكين
٦١٠°	أزرق فاتح	يايات ، مفكات ، مناشير الخشب
٦٣٠°	رمادى معدنى	يايات

التصليد بالحث الكهربى

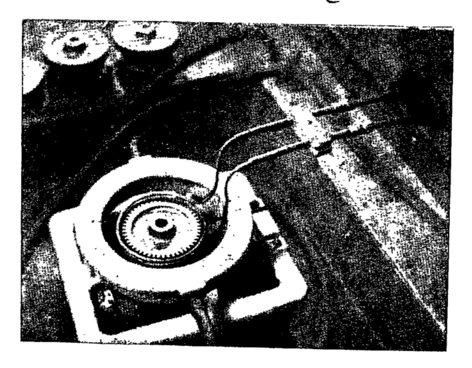
تجرى على كثير من مطروقات الصلب ، معاملات حرارية لتصليد سطوحها إلى الدرجة التى تقاوم التآكل الاحتكاكى ، ويبقى داخلها لينا متينا . ويحدث هذا بمعالجة الصلب المنخفض الكربونى بِكَرْبَنَة سطحه أو (بِنَتْرَدَته) . وتجرى عملية كربنة الصلب بتسخينه فى وسط يحتوى على الكربون . ويستعمل غاز الأمونيا فى عملية تغليف المعدن بالنيتروچين (النَّتْرَدَة) ، الذى يتغلغل السطح من غاز الأمونيا ، وذلك بتسخين المعدن فى أفران خاصة ، لدرجة حرارة تتراوح

فيما بين (٨٥٠°ف و ١١٥٠°ف) . كما يمكن إجراء بعض المعاملات الحرارية المناسبة على مطروقات الصلب ، التى بها نسبة عالية من الكوبون لتصليدها بوسيلة السقية ، (التبريد المفاجىء) ، بحيث تتصلد سطحيا فقط بعمق قليل . وتستعمل وسيلتان من هذه الوسائل على نطاق واسع ؛ وهما :

١ — تسخين سطح المطروقات بالحث الكهربى ثم سقيها .

٢ — تسخين سطح المطروقات محليا بلهب خاص ثم سقيها .

طوِّرت طريقة تصليد السطح بالحث وتعرف بطريقة « توكو » فى شركة (أوهايو) لصنع أعمدة المرافق فى (كليفلاند بولاية أوهايو) . ويحدث التسخين باستخدام (ملف حث مُدَمَّجْ) ، أو بملف تسخين فيمر فيه تيار جهده الفولتى عالٍ ، فيتحول إلى تيار منخفض الجهد (الفولت) ، عالى المقدار (الأمبير) ، فى كتلة التأثير أو الملف الذى يحيط بالأسطح المراد تصليدها بحيث لاتتلامس . ويمر تيار بالتأثير على سطح الصلب ، فيسخنه وتصل درجة حرارته إلى درجة حرارة

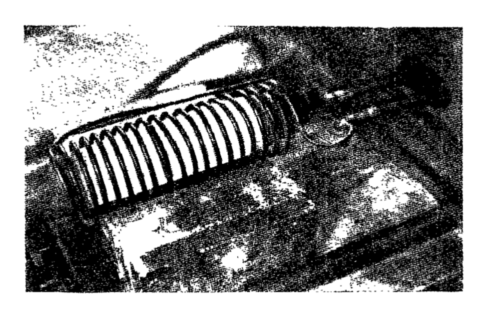


(شكل ٢) استخدام جهاز التصليد بالحث ، لتصليد سطح ترس

التصليد المطلوبة ، وذلك بالتحكم الدقيق فى كل من التيار ذى التردد العالى ، وفى زمن التعريض للحرارة . ويُقْطَعُ التيار عندما تصل درجة الحرارة إلى درجة حرارة التصليد ، ثم يسقى السطح المسخن برشه برذاذ من الماء ، يخرج من خزان داخل أو خارج كتل الحث أو الملف .

ويبين شكل (٢) ، الجهاز المستخدم لتصليد سطح ترس بالحث ، ويدور الترس فى وسط ملف التسخين ، ويسقى بالماء من خزان يحيط بكل من الملف والترس .

ويبين (شكل ٣) طريقة تصليد سطح عمود دوران مكنة تجليخ ، باستخدام وسيلة الحث ، ويخرج المحور عندما تصل درجة حرارة سطحه إلى درجة حرارة التصليد ، ثم يسقى فى الماء .

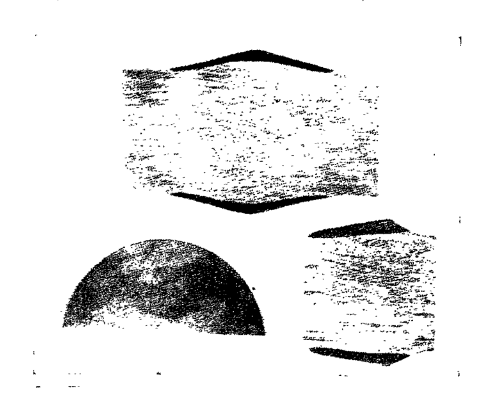


(شكل ٣) ملف الحث المستعمل فى تصليد سطح عمود دوران مكنة تجليخ

ولا تستغرق دورة التصليد سوى ثوان قليلة ، وتختلط صلادة السطح بالتدريج بالجزء الأوسط اللين ، الذى لم يتأثر بالحرارة ، وذلك بالتحكم الدقيق فى التسخين بأداء عملية السقية بسرعة . ويمكن إستخدام هذه الوسيلة فى عدة أنواع من الصلب الكربونى ، والصلب السبائكى ، بشرط وجود نسبة كافية من الكربون ، تمكن من تصليدها بسقيها .

وترتفع تكاليف استخدام وسيلة التصليد بالحث ، في الإنتاج الفردي القليل ، وذلك لضرورة تصميم وإعداد معدات كثيرة ، خصيصاً لكل منتج ، كما يجب عندئذ ضبط الزمن تلقائياً ، ليناسب كل حالة . وهذه الوسيلة إقتصادية سريعة ، لتصليد أسطح المنتجات المتكررة الكثيرة المتماثلة ، لقصر مدة دورة تصليدها ، مع انتظام صلادة أسطحها.

ويبين (شكل ٤) النتائج التي يحصل عليها باستخدام هذه الوسيلة ، وخاصة انتظام تجنب الصلادة داخل المعدن . ويمكن استخدام وسيلة الحث هذه ، لتصليد أسطح مرتكزات أعمدة المرافق ، وأسطح المرتكزات المماثلة الأخرى في أعمدة الإدارة ، وأعمدة الكامات ، وأذرع التوصيل ، والتروس ، وأعمدة الدوران ، والأسطوانات . . . ألخ ، بشرط إنتاج عدد كبير من القطع المتماثلة التي تبرر نفقات استخدام المعدات الخاصة . وتمتاز هذه الوسيلة على غيرها من وسائل



(شكل ٤) مقاطع في أعمدة مختلفة ، ظهرت فيها أسطحها المصلدة بوسيلة التسخين بالحث

التصليد ، بإمكان التحكم الدقيق فى منطقة التسخين ، وانتظام توزع الصلادة ، وتجنب تشوه وإعوجاج شكل الجزء فى أثناء دورة التسخين .

التصليد باللهب

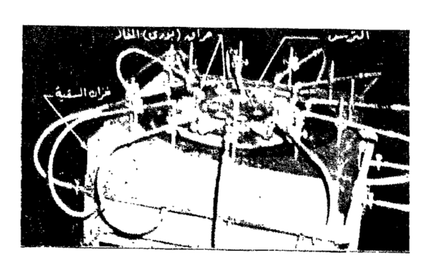
تستخدم هذه الوسيلة لتصليد أسطح الأجزاء التى يصعب تصليدها كثيراً ، بالوسائل الأخرى ، أو تقتضى نفقات كثيرة ، مثال ذلك :

لا يمكن تصليد سطح الحديد الزهر الرمادى ، بتسخينه فى الفرن وبسقيه فى الماء ، أو فى محلول الملح ، أو فى الماء الخالص ، إذ تتعوج القطعة ، ويتشوه شكلها وتنكسر فى أغلب الأحيان ، كما يصعب تصليد أسطح الأجزاء الكبيرة المصنوعة من الحديد الزهر ، أو الصلب ، بالوسائل العادية ، لنفس السبب ، لذلك تستخدم وسيلة اللهب لتصليد أسطح مثل هذه الأجزاء .

وتتلخص وسيلة التصليد باللهب ، فى توجيه لهب الأكسوچين والأسيتيلين (الأكسى أسيتيلينى) على سطح المعدن ، فتسخن طبقة رقيقة على السطح بالحرارة ، وتصل إلى درجة حرارة التصلد . ويحرك الحراق أو (البورى) ببطء على الجزء المراد تصليده ، ويتبع ذلك مباشرة تيار من الماء ، يسقى السطح فيصلده مباشرة بعد تسخينه السريع . ويضبط سمك الطبقة المصلدة عن طريق تغيير سرعة حركة الحراق (البورى) .

ويمكن استخدام عدة وسائل للتصليد باللهب ، منها طريقة اللهب (الأكسى أسيتيلينى) ، وغيرها من وسائل التسخين باللهب . وتعتمد خطوات العمل على حجم وشكل المنتج . ويمكن تسخين الأجزاء الصغيرة كل على حدة ، ثم تسقى بعد ذلك ، كما يمكن إدارة الأجزاء الأسطوانية ، وتعريض سطحها للهب الحراق (البورى) أو لهب طرق غازى ، طرق موقد من مواقد الغاز ، كما فى (شكل ٥) . بدلا من تحريك الحراق أو البورى نفسه .

تسقى الأجزاء بعد أن تتغلغل الحرارة داخلها بالقدر المطلوب . ويتراوح مدى هذا التغلغل بين (٠١ر٠ بوصة و ١٢٥ ر٠ بوصة) تبعاً لنوع الإستعمال الذى تصنع الأجزاء له . وتصلد هذه العملية سطح المعدن تصليداً جيداً ، بحيث لايتأثر الجزء الداخلى بالحرارة ويبقى لينا . ويبين (شكل ٥) ترساً فى أثناء تصليده باللهب ، بإدارته بالقرب من حراق الغاز عادى .



(شكل ٥) مكنة تصليد باللهب

ويغطس الترس مع القرص الدوار داخل خزان السقى ، الذى يكوّن جزءاً ، من المكنة ، عند وصول الحرارة إلى درجة حرارة التصليد . ويحسن أن تتراوح نسبة الكربون فى الصلب فيما بين (٤ر٠٪ و ٧ر٠٪) . كما يمكن تصليد بعض الأنواع الخاصة من الصلب السبائكى المنخفض النوع ، بوسيلة التصليد باللهب . ويمكن تصليد الأجزاء الآتية باللهب : فَرْشات مكنات التشغيل ، ونهايات القضبان ، والكامات ، وأعمدة الكامات .

وسائل أخرى لمعالجة مطروقات الصلب بالحرارة

تجرى على كثير من مطرقات الصلب معاملات حرارية أخرى ، غير التى شرحت فى هذا الباب ، ويمكن تحوير سطح مطروقات الصلب الكربونى المخفض ، لتقاوم

التآكل بتغليفها بطبقة صلدة ، وذلك بزيادة نسبة الكربون على السطح ، أى بكربنته ، بينما يبقى الجزء الداخلى ليناً ومتيناً . كما تستعمل وسائل المعاملة بالسيانيد (السَّيْنَدَة) وبالنتروجين (النتردة) على نطاق واسع .

والسيندة عبارة عن كربنة وتصليد الصلب فى أحواض بها أملاح منصهرة ، هى فى الواقع عوامل الكربنة والنتردة . ويستعمل عادة ملحا ، (سيانيدالبوتاسيوم) (وسيانيد الصوديوم) . وقد لا تحتاج القطع الصغيرة المصنوعة من الصلب منخفض الكربون سوى صلادة على السطح بعمق لا يتعدى أجزاء من ألف من البوصة . كما أنه فى بعض الأحوال ، لا يلزم إلا تصليد جزء صغير من كل قطعة . ويمكن إجراء عملية كربنة على هذه الأجزاء ، وتصليد سطحها تماما ، بتغطيسها فى حوض أملاح السيانيد السائلة .

ولتصليد سطح الصلب ، توضع القطعة فى حوض ملح مناسب منصهر . ويسخن ملح (سيانيد الصوديوم) الذى يكوّن (٢٥ ٪) من حجم الحوض ، إلى حوالى (١٥٥٠° ف) . ويمتص الصلب فى درجة الحرارة هذه ، الكربون والنتروجين إلى عمق (٠,٠٠٥ً بوصة تقريبا) فى مدة ١٥ دقيقة وإلى (٠,٠١ً بوصة) فى مدة ساعة . ويتحد النتروجين فى القشرة الخارجية على هيئة نتريدات الحديد . وهذه تجعل سطح الصلب صلدا ، ويسقى الصلب مباشرة فى الماء ، أو فى محلول الماء والملح ، للحصول على أقصى صلادة لسطح الصلب .

وقد تُخفَّض درجة حرارة الكربنة ، أو تبرد المعادن المسخنة قليلا ، قبل سقيها فى الماء أو محلول الماء والملح ، لمنع تشوه شكلها بالإعوجاج . ويجب التأكد من خلو الأجزاء من الرطوبة قبل وضعها فى الملح المنصهر ، لمنع تناثر أو تطاير السائل الساخن. ويجب حماية العامل الذى يؤدى العملية ، بخوذة ونظارات واقية خاصة ، وقفازات ، حسبما يستدعى الحال . ويوضع غطاء مناسب لحجم حوض الملح المنصهر. وتستخدم وسيلة التهوية بالشفط للتخلص من الغازات والأبخرة المضرة الصاعدة من الحوض .

المعاملة بالنتروجين (بالنتردة) ، هي عملية معاملة حرارية باستخدام غاز الأمونيا ، إذ يضاف النتروجين لسطح الصلب فى أثناء تسخين الجزء فى فرن مناسب خاص . ولا يؤثر الكربون كثيرا على صلادة سطح الصلب المعالج حراريا ، بوسيلة المعاملة بالنتروجين، وإنما يقتصر تأثير نسبة الكربون على الجزء الداخلى . وتتراوح درجات حرارة النتردة فيما بين (٨٥٠° ف و ١١٥٠° ف) ، وهى درجات أقل بكثير من المستعملة فى عمليات الكربنة . ويوصل إلى أحسن النتائج بإجراء عملية النتردة عند درجة ٩٥٠° ف تقريبا .

وعملية النتردة عملية غير مناسبة للصلب منخفض الكربون . ورغم أن عملية الكربنة تتناسب هذا النوع من الصلب ، ويقتصر استعمال عملية النتردة على أنواع الصلب السبائكى الخاص . ويمكن تشغيل الأجزاء المصنوعة منه بالمكنات ، كما يمكن معالجتها حراريا فى حالات كثيرة قبل إجراء عملية (النتردة) . ولا تحتاج القطعة بعد ذلك لمعالجة حرارية أخرى ، بعد تصليد السطح . وتستولد عملية النتردة الخواص الآتية فى الصلب :

مقاومة التآكل الاحتكاكى ، والإبقاء على الصلادة فى درجات الحرارة العالية ، وكذلك مقاومة التآكل التفاعلى .

وتجرى عملية النتردة فى أفران خاصة من الأنواع المحجبة ، فيمرر خلالها غاز الأمونيا ، الذى يتحلل جزئيا إلى خليط من غازى النتروجين والأيدروجين . فيتحد النتروجين وهو فى حالة فعالة ، بالحديد والعناصر الأخرى التى فى الصلب ، مكونا حبيبات من النتريدات ، تكسب سطح الصلب درجة معينة من الصلادة .

وعملية تكوير (حبيبات البنية) نوع آخر من عمليات التخمير ، وهى قريبة الشبه بعمليات التخمير العادية ، وتتلخص فى تسخين الصلب حتى يصل إلى نطاق درجة الحرارة الحرجة ، أو أقل منها قليلا ، ويستمر التسخين لعدة ساعات يليها تبريد بطىء ، إلى درجة (١٠٠٠° ف) تقريبا . ويجب ترك الصلب مدة كافية عند

درجة حرارة التخمير ، كى يتشبع المعدن بأكمله بالحرارة قبل إجراء العمليات التالية . مثل تبريده البطىء إلى درجة (١٠٠٠° ف) ثم تبريده إلى درجة الحرارة العادية .

ولا يوجد عنصر الكربون (الذى يؤثر فى خواص الصلب الفيزيائية) . فى الصلب ، فى الحالة الحرة ، بل يكون غالبا متحدا مع الحديد ، مكونا كربيد الحديد(السّيمَنْتَيت)فيخرج هذا(السّيمَنْتَيت)فى أثناء هذه العملية ، من محلوله المجمّد (وهذا ما يسمى به فى حالته المتحدة) عند درجة حرارة التخمير ، ويكوّن كريات صغيرة ، تتخذ شكلها المستقر فى مرحلة التبريد البطىء ، ومعدل التبريد هو(١٠٠°ف) فى الساعة . وتتكون بنية الصلب المكربنة من(السّيمَنْتَيت) وباقى البنية من (الفِيرّيت) . وهو عنصر الحديد الخالص اللين .

ومن أهم فوائد عملية تكوير حبيبات البنية ، إعداد الصلب للتشغيل بالمكنات ، وهذا عكس الأثر الذى تحدثه عملية التخمير . فمثلا يصعب تشغيل صلب العدة المخمر بالمكنات بينما تتحسن خواصه التشغيلية بعد إجراء عملية تكوير البنية . وقد أمكن تشغيل صلب العدة من النوع العالى الكربون والنوع السبائكى العالى الجودة ، بالمكنات ، بفضل عملية تكوير حبيبات البنية هذه .

و « الشينزة » عملية تختلف بعض الشىء عن عملية « السيندة » إذ يستخدم فيها غاز الأمونيا ، بالاضافة إلى حوض أملاح السيانيد المنصهرة . فيتصاعد غاز الأمونيا فى فقاقيع ، خلال سائل أملاح السيانيد المنصهرة فتزداد كمية النتروجين وفاعليتها .

معاملة مطروقات المعادن غير الحديدية بالحرارة

يمكن معاملة مطروقات المعادن غير الحديدية بالحرارة لاستيلاد خواص فيزيائية إضافية لتحسين الخواص الأصلية . فيمكن تصليد النحاس الأحمر

الخالص ، بالتشغيل على البارد ، كما يمكن تصليد وتقوية سبائك النحاس ، بالتشغيل على البارد ، كذلك بالمعاملة الحرارية . كما يمكن إجراء عملية التخمير على النحاس الأحمر الخالص ، وعلى سبائكه ، لاستعادة مطوليتها الطبيعية وليونتها ، وهى الخواص التى قد تتناقص نتيجة لتشغيلها السابق على البارد . وتتلخص عملية تخمير النحاس الأحمر وسبائكه ، فى تسخينه إلى درجة (١١٠٠°ف) تقريبا ، ثم إبقائه عند هذه الدرجة لمدة معينة ، لكى يتشبع المعدن بحرارة منتظمة ، ثم يترك ليبرد لدرجة الحرارة العادية ، دون التحكم فى سرعة التبريد . وتتغير بنية المعدن الحبيبية تغيرا كاملا عند درجة (١١٠٠°ف) ، دون تضخم كبير فى حجم الحبيبات .

ويمكن تخمير النحاس الأصفر ، المشغل على البارد ، بتسخينه لدرجة أعلى من درجة الحرارة التى يستعيد فيها النحاس تبلوره ، أى لدرجة (١١٠٠°ف تقريبا) ثم تبريده لدرجة الحرارة العادية . وتختفى الإجهادات الداخلية الناتجة من تشغيل النحاس الأصفر على البارد ، بإجراء عمليـــة التخمير ، كما تزول الآثار المترتبة من التشغيل على البارد ، فيستعيد النحاس الأصفر مطوليته الأصلية . ولا يتأثر حجم حبيبات المعدن كثيرا ، بسرعة التسخين أو التبريد .

وتصحح عمليـــة التخمير الصلادة ، التى يولدها تشغيل البرنز على البارد ، وتجرى هذه العملية بتسخين المعدن إلى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة إعادة التبلور ، ثم تبريده بأى سرعة مناسبة . يمكن تصليد البرنز الأليومنيومى ، بتسخين المعدن لدرجة أعلى من نقطة إعادة التبلور ، ثم بتبريده بسرعة . ويمكن استخدام العدد والمعدات اليدوية ، مثل الأجنات والمفكات والمفاتيح المصنوعة من هذه السبيكة بعد تصليدها وتمتينها بهذه المعاملة الحرارية ، فى الأعمال التى يجب فيها تجنب حدوث شرارات خوفا من الحريق أو الانفجار . وتستخدم مثل هذه العدد فى معامل تكرير البترول ، وفى المنشآت الصناعية الأخرى ، التى تستعمل أو تخزن فيها مواد قابلة للاشتعال أو للانفجار . وقد طورت أنواع كثيرة من البرنز

الأليومنيومى يمكن تصليدها وتمتينها إلى درجة ملحوظة ، بمعاملات حرارة تشبه تلك التى تستعمل فى سبائك من نحاس والأليومنيوم .

فتجرى عملية التخمير على سبائك الأليومنيوم المشغلة على البارد ، لإزالة أثر الصلادة الناشئة من تراكم الانفعالات . وتتلخص هذه العملية فى تسخين المعدن إلى درجة حرارة معينة ، تسمح بإعادة تبلوربنية المعدن ثم بتبريده إلى درجة الحرارة العادية . وقد تتراوح درجة حرارة التسخين فيما بين (٦٥٠°ف و٧٥٠°ف) ويتوقف معدل سرعة التبريد المسموح به على نوع سبيكة الأليومنيوم .

وتجرى معاملة حرارية أخرى ، على سبائك النحاس والأليومنيوم ، تسمى المعاملة الحرارية المحلولية . وتعتمد هذه الوسيلة على اختلاف قدرة الأليومنيوم على إذابة تراكيب النحاس والأليومنيوم الكيموية فى أثناء تسخين وتبريد هذا الأخير ، وهو صلب متجمد . فبإعادة تسخين سبيكة مخمرة من الأليومنيوم ، تحتوى على (٤,٥ ٪ نحاس) ، إلى درجة (٩٥٠°ف) تقريبا لمدة ١٤ ساعة يذوب المركب (نح الـ٢) الموجود فى السبيكة المخمرة ، مكونا محلولا مجمدا ، وبسقيه بسرعة ، يبقى أغلب هذا المركب (نح الـ٢) ذائبا فى المعدن .

وتحسن هذه المعاملة الحرارية مقاومة سبيكة الأليومنيوم للتأكل التفاعلى ، كما تزيد مقاومته للشد . ويمكن زيادة مقاومة السبيكة للشد بتشغيلها على البارد ، بعد إجراء عملية المعاملة الحرارية المحلولية هذه . وتستخدم أحواض بها أملاح منصهرة ، مثل ملح (نترات الصوديوم) المنصهر ، لتسخين المعدن ، وللتحكم فى درجة حرارته . كما تستخدم فى ذلك أفران الهواء ، إذا أمكن التحكم فى انتظام درجات حرارتها ، بإمرار تيار من الهواء خلالها . وتستخدم أجهزة خاصة للتحكم فى درجة الحرارة ، وتسجلها بدقة فى أثناء دورة التسخين . ويبين (شكل ٦) طريقة معاملة حرارية متبعة لمعاملة أجزاء الطائرات حراريا .

وتستعمل عملية التصليد الترسيبى لزيادة مقاومة منتجات الأليومنيوم للشد ، وذلك بترسيب حبيبات دقيقة (مركبة من النحاس والأليومنيوم) ببطء فى السبائك


(شكل ٦)
مراوح طائرات معبأة استعدادا للمعاملات الحرارية

التى سبق معاملتها بطريقة المعاملة الحرارية المحلولية بالتزمين أو التعمير (بتركها زمناً معيناً) فى درجة الحرارة العادية . فتمنع الحبيبات الدقيقة المرسبة بهذه المعاملة انزلاق البللورات الدقيقة بعضها على بعض ، فتزداد مقاومة السبيكة بقدر ملحوظ ، فمثلا تزداد مقاومة شد سبيكة من النحاس والألومنيوم فى أثناء المعاملة الحرارية المحلوليـة بسرعة كبيرة بعد الساعة الأولى ، وتستمر هذه الزيادة حتى تصل مقاومتها للشد بعد خمسة أيام إلى (٦٢٫٠٠٠ رطل على البوصة المربعة تقريباً) ، دون تغيير فى ممطولية السبيكة . وبإجراء عملية التصليد الترسيبى على سبيكة من الأليومنيوم ، تصبح مقاومتها للشد مساوية لمقاومة الصلب الإنشائى للشد تقريباً ، رغم أنها فى ثلث وزنه . ويمكن تأجيل التصليد الترسيبى عند درجة الحرارة العادية ، بتبريد سبائك الأليومنيوم التى أجريت عليها عملية المعاملة الحرارية المحلولية إلى درجة تحت (الصفر °ف) ، ولإبقائها عند هذه الدرجات المنخفضة ، المدة المرغوبة قبل تصليدها . تفيد هذه الخاصية فى صنع أجزاء الطائرات التى تجرى عليها عملية المعاملة الحرارية المحلولية ، إذ توضع فى ثلاجات قبل تشغيلها . وعندما تستأنف عمليات التشغيل عليها ويبدأ فى عمليات التركيب وتترك الأجزاء لتصلد بالتزمين أو التعمير أى بمرور الزمن عند درجة الحرارة العادية .

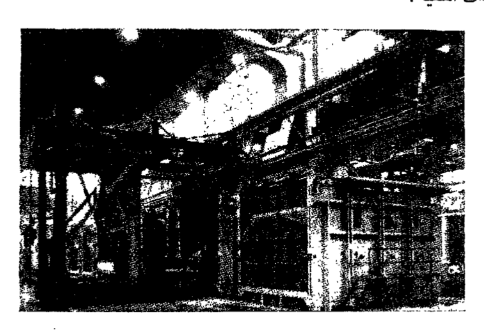
أفران المعاملات الحرارية

طورت أنواع مختلفة من الأفران لمعاملة الصلب بالحرارة ، لتناسب أنواع عمليات المعاملة الحرارية التى تلزم للاحتياجات والأحوال المختلفة المطلوبة .

ويتحدد اختيار فرن معين لهذه العاملة الحرارية بعدة عوامل منها :

نوع عملية المعاملة الحرارية ، ونوع وشكل القطعة . وكمية الإنتاج ، واعتبارات الكفاية والجودة والاقتصاد .

وتستخدم أفران من النوع المجمع ، أو من النوع المستمر الأداء ، لعمليات المعاملة الحرارية المختلفة فى الإنتاج الكبير . وتجهز هذه الأفران بأجهزة للتحكم فيها تلقائياً لضبط عناصر الأداء فيها مثل درجة الحرارة وجو الفرن ، وذلك بتحليل غازاته وغير ذلك . كما تجهز بمعدات ميكانيكية لتناول الأجزاء وحملها عند إدخالها أو إخراجها من الفرن ، وذلك لتغطيس الأجزاء فى أحواض التعبئة أو لإخراجها منها . وتصمم كثير من الأفران بحيث تخصص لإجراء عملية واحدة ، وذلك لسرعة الأداء والاقتصاد فى الأيدى العاملة . ويبين (شكل ٧) مجموعة من الأفران من النوع المجتمع تسخن بوقود الزيت وبها مرفاع قنطرة يجرى على قضبان لإخراج أو إدخال المطروقات أو المسبوكات الثقيلة من وإلى الفرن ، كما تظهر فى الشكل معدات السقية .



(شكل ٧) مجموعة من الأفران المجتمعة
التى تسخن بوقود الزيت ، ومعدات تناول الأجزاء ونقلها ، ومعدات السقية

ويستخدم هذا النوع من المعدات فى عمليات التخمير والمعادلة ، أو لتسخين وسقى المطروقات والمسبوكات ، والألواح السميكة والدقيقة وملفات الشرائط والمنتجات الأخرى المشابهة .

وتسخن الأفران إما بالزيت أو بالغاز أو بالكهرباء . ويمكن تقسيمها كما يلى :

١ — النوع المباشر : ويسمح للصلب فيها بملامسة الغازات الساخنة الناتجة من الاحتراق .

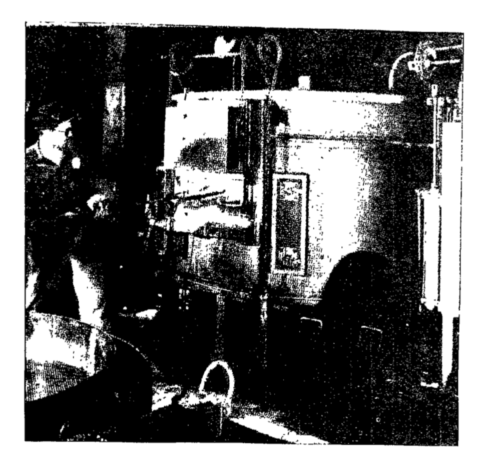
٢ — النوع شبه المحجب : وتحول فيها غازات الاحتراق بحيث تبعد عن الأجزاء المراد معاملتها فتدور حولها .

٣ — النوع المحجب : وتوضع الأجزاء المراد معاملتها فى غرفة تسخين منفصلة ، وبذلك تتجنب ملامسة غازات الاحتراق .

وتجهز الأفران الكهربية ، بمعدات مقاومة كهربية توضع حول حجرة التسخين المحجبة ، فتسخنها كما تسخن الصلب الذى بداخلها . وتستخدم أفران بغرف تسخين محجبة تماما ، يمكن التحكم فى جوها لحماية المعدن من الأكسدة .

ونتيجة للتطورات الحديثة ، أصبح من الممكن التحكم فى أجواء الأفران الكهربية المحجبة إذ يحمى سطح الصلب من التأكسد وتكوين القشور ، أو من اختزال جزء من كربون السطح فى أثناء دورة التسخين . ويتم ذلك بتكوين جو اصطناعى من الغاز داخل غرف التسخين فى الأفران . ويستخدم عادة مزيج من غازى أول أكسيد الكربون (ك ا) والأيدروجين ، وهى غازات تمنع اختزال الكربون . ويبين (شكل ٨) فرن بجو هيدروچينى كهربى جوه متعادل يمكن ضبطه . ويستعمل فى تقسية كل أنواع الصلب دون أن تتكون القشور أو يختزل الكربون منها .

وتبقى أسطح الأجزاء بعد معاملتها حراريا نظيفة ، ولا تحتاج بعد ذلك لعمليات تنظيف تكاليفها كثيرة . وتستعمل أفران مماثلة كالمبينة فى (شكل ٨)



(شكل ٨) فرن بجو هيدروجينى كهربى له سخان دوار

لإجراء عمليات المعاملة الحرارية . والأفران أنواع متعددة : ما له سخان دوار ، ومنها ما له اسطوانة دوارة ، وغيرها ماهو مجهز بحصيرة نقل وكذلك مايمكن إمالته وقد طورت هذه الأفران لاستعمالها فى الإنتاج الكبير المتكرر ، وكذلك فى قسم العدد والآلات القاطعة وفى أعمال الالحام بالمونة .

التسخين فى حمامات السوائل

تستخدم طريقة التسخين فى أحواض بها سوائل (حمامات) ، لمزاياها العديدة فى عمليات التصليد والتقسية وعمليات المراجعة العادية . وتتلخص فوائد هذه الطريقة فى أنها تمنع تكون القشور ، فيستغنى عن عمليات التنظيف ، كما أنها تمنع اعوجاج أو تشقق الأجزاء الدقيقة . وتستعمل ثلاثة أنواع من حمامات التسخين ،

قسمت فى كتيب عنوانه (مرشد معاملات صلب العدد الحرارية) كما يلى :

١ — حمامات نهريت : لدرجات حرارة (تصل إلى ٦٠٠°ف) .

٢ — حمامات رصاص منصهر : لدرجات حرارة تتراوح فيما بين (٦٥٠°ف و ١٦٠٠°ف) .

٣ — حمامات أملاح منصهرة : لدرجات حرارة تتراوح فيما بين (٣٠٠°ف و ٢٤٠٠°ف) . وتستعمل حمامات الزيت لعمليات المراجعة عند درجات الحرارة المنخفضة ، التى لا تتعدى (٦٠٠°ف) . ولكن يصعب التحكم فى الحمام عندما تقترب درجة حرارته من درجة الحرارة هذه ، كما تترسب مادة صمغية على الأجزاء ، ولكن يمكن إزالة هذه المادة بإضافة محلول ساخن من الصودا الكاوية ، أو الكيروسين . ويجب تجنب استعمال حمامات الزيت عند درجات الحرارة العالية تجنبا للحريق .

وتستعمل غالبا حمامات الرصاص المنصهر ، لمراجعة أنواع الصلب السبائكى ، والصلب سريع القطع (صلبا لهواء) ، وهى سريعة التسخين . كما يمكن استخدامها فى أغراض التسخين الأخرى ، بحيث لا تتعدى درجة الحرارة (١٦٠٠°ف) . ويجب حماية حمامات الرصاص المنصهر من سرعة التأكسد باستعمال أملاح منصهرة أو فحم نباتى تضاف على الرصاص المنصهر .

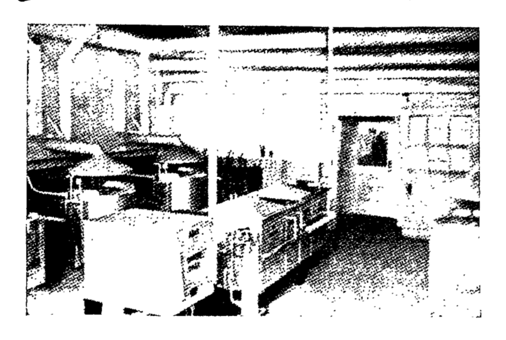
وتستعمل حمامات الأملاح المنصهرة فى مجال (أى فى نطاق) درجات حرارة واسع . وتوجد فى الأسواق أملاح مناسبة ، معدة للاستعمال فى عمليات التصليد والمراجعة المختلفة . ويمكن التحكم بسهولة فى درجات الحرارة المطلوبة فى هذه الحمامات ، كما أنها تمنع تكون القشور . وتستعمل فى معاملة المعادن الحديدية وغير الحديدية والسبائك .

وتستخدم حمامات الرصاص المنصهر ، والأملاح المنصهرة بكفاية ، فى تسخين الصلب ، للمعاملات الحرارية المختلفة كالتخمير والتصليد والمراجعة ... الخ .

ويستحسن طلاء الصلب بطبقة رقيقة من الملح ، أو من أى مادة مناسبة أخرى ، قبل وضعه فى حمام الرصاص ، لحمايته من تلاصق الرصاص على سطحه . ويطلى الصلب بهذه المواد بتغطيسه وهو دافىء ، فى محلول الملح ، ثم يترك ليجف ، فتبقى على سطح الصلب طبقة من الملح تمنع تلاصق الرصاص معه .

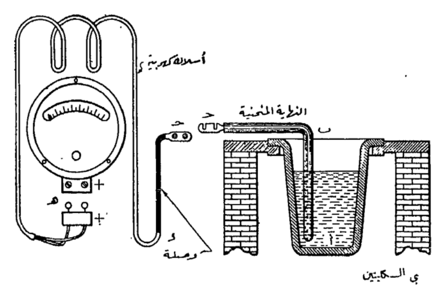
والأملاح المستخدمة فى عمليات المعاملة الحرارية ، كالتصليد والمراجعة والتخمير والاستعدال أو التغليف بالسينَدة أو بالنَّترْدة هى :

سيانيد الصوديوم ، وكلوريد الصوديوم ، وكلوريد الكلسيوم ، وكربونات الصوديوم ، وسيانيد الباريوم ، وسيانيد البوتاسيوم ، ومواد أخرى . وتنقل الأملاح المنصهرة الحرارة بسرعة وانتظام إلى الصلب أو المنتجات غير المعدنية مع حماية سطوحها فى أثناء فترة التسخين ، لأنها تغطيها وهى فى الحمام بطبقة رقيقة من الملح ، وتظل هذه الطبقة ملتصقة بالمعدن المسخن ، حتى بعد إخراجه من حمام الملح المنصهر إلى أن يُغطَّس فى حمام السقية . ويجب توفير وسائل الأمن والسلامة لتجنب خطورة التفاعلات التى قد تنشأ من اختلاط بعض الأملاح



(شكل ٩) معدات حمامات الملح المستعملة فى التغليف (تقسية السطوح)

ببعض ، كما يجب حماية الأملاح المنصهرة من تأثير الرطوبة . ويجب إتخاذ احتياطات كافية لحماية العامل من الأبخرة السامة التى تنتجها حمامات أملاح السيانيد . ويبين (شكل ٩) معدات حمامات الملح المستعملة فى تصليد السطح أى تغليفه . ويبين (شكل ١٠) رسماً تخطيطيا لطريقة استعمال (پيرومتر كهربى) لقياس درجات حرارة حمامات الملح أو الرصاص المنصهر ، ويستعمل هذا الجهاز فى عمليات تصليد أو تقسية الآلات والعدد المصنوعة بالحدادة . ويجب أن يكون



(شكل ١٠) مقياس حرارة كهربى (پيرومتر) متصل بحوض به ملح أو رصاص منصهر

الملح المستعمل فى تسخين المعدن متعادلا ، فلايؤثر فى المواد التىيلامسها . ومن أهم مميزات استعمال حمامات السوائل فى عمليات المعاملة الحرارية ، أنه ليس لها جو غازى ، كذلك لايمكن أن يسخن الصلب بوساطتها أكثر مما يلزم .

ويبين جدول رقم (٣) بعض خواص المعادن المستخدمة فى العمليات التى تقدم ذكرها فى هذا الباب .

جدول (رقم ٣) خواص بعض المعادن الهامة ودرجات حرارة تخميرها وتشغيلها على الساخن

المعدن	جودة تشغيله عند درجة الحراره العادية	أقل درجة حرارة يعاد عندها التبلور بعد اجراء عملية تشغيل عنيف على البارد درجات ف°	مجال درجات حرارة التخمير المعتاد بعد عملية التشغيل على البارد درجات ف°	مجال درجات حرارة التشغيل المعتادة درجات ف°
الأليومنيوم	جيد جدا	٣٠٠°	٦٥٠°	٦٠٠° — ٩٠٠°
النحاس الأصفر	جيد جدا	٤٠٠°	١٠٠٠° — ١٢٥٠°	*١١٠٠° — ١٦٥٠°
البرنز	متوسط	٧٥٠°	١٠٠٠° — ١٢٥٠°	١١٠٠° — ١٦٥٠°
النحاس الأحمر	جيد جدا	٤٠٠°	١٠٠٠° — ١٤٠٠°	٨٠٠° — ١٩٠٠°
الديور اليومين	جيد	٥٠٠°	٦٤٠° — ٦٧٠°	*٦٠٠° — ٨٥٠°
الذهب	ممتاز	٣٩٠°	٥٠٠° — ١٠٠٠°	*....
الحديد	جيد	٨٤٠°	١١٠٠° — ١٤٠٠°	١٥٠٠° — ٢٤٠٠°
الرصاص	ممتاز	فى درجة حرارة عادية	يتخمر نفسه بنفسه	
	متوسط	٨٠٠°	١٣٥٠° — ١٤٥٠° في الصندوق	١٦٠٠° — ٢١٠٠°
النيكل	متوسط	١١٠٠°	١١٠٠° — ١٧٥٠°	١٦٠٠° — ٢٣٠٠°
الصلب الانشائى	متوسط	٩٠٠°	١١٠٠° — ١٤٠٠°	١٥٠٠° — ٢٢٠٠°
الصلب عالى الكربون	ضعيف	١٠٠٠°	١١٠٠° — ١٤٠٠°	١٤٠٠° — ٢٠٠٠°
الفضة	ممتاز	٣٩٠°	٥٠٠° — ١٠٠٠°	
القصدير	ممتاز	فى درجة حرارة عادية	يتخمر نفسه بنفسه	
التنجستين	ضعيف	٢١٩٠°	٢٢٠٠° — ٢٥٠٠°	١١٠٠° — ٢٩٠٠°
الحديد المطاوع	ضعيف	٩٠٠°	†	١٦٥٠° — ٢٤٥٠°

* يشغل عادة عند درجات الحرارة العادية .

† لا يتصلد الحديد المطاوع بالتشغيل على البارد .

قد يستعيد النحاس الخالص بلورته عند درجة حرارة أقل من ٢١٢ °ف . بعد تشغيل عنيف على البارد .

أسئلة للمراجعة

١ — ما هو الغرض من إجراء عمليات المعاملة الحرارية على المطروقات ؟
٢ — صف عملية تخمير مطروقات الصلب .
٣ — صف عملية استعدال بنية مطروقات الصلب .
٤ — صف عملية تصليد أو تقسية مطروقات الصلب .
٥ — صف عملية مراجعة مطروقات الصلب .
٦ — اشرح بإيجاز تكون ألوان الأكاسيد على سطح الصلب المصلد .
٧ — صف عملية تصليد مطروقات الصلب بالحث الكهربى .
٨ — ما هى عملية التصليد باللهب ؟
٩ — ما هى عملية السيندة ؟
١٠ — ما هى عملية النتردة ؟
١١ — ما هما عمليتا تكوير حبيبات القطعة . ؟
١٢ — ما هو الغرض من إجراء عمليات المعاملة الحرارية على المعادن غير الحديدية ؟ اذكر بعض الوسائل المستعملة فى ذلك .
١٣ — صف طريقة المعاملة المحلولية فى سبائك الأليومنيوم .
١٤ — صف وسيلة التصليد بالترسيب فى سبائك الأليومنيوم .
١٥ — اذكر بعض الأفران المستعملة لمعاملة الصلب حراريا .
١٦ — صف بإيجاز مميزات الأفران الكهربية المستخدمة فى تسخين الصلب .
١٧ — صف طريقة عمل فرن يعمل بجو هيدروچينى .
١٨ — ما مميزات التسخين فى حمامات السوائل . ؟
١٩ — صف طريقة عمل حمامات الزيت .
٢٠ — صف طريقة عمل حمامات الرصاص المنصهر .
٢١ — صف طريقة عمل حمامات الملح المنصهر .
٢٢ — اشرح فائدة استعمال أجهزة قياس درجة الحرارة الكهربية (البيرومترات)

الباب الثانى عشر

فحص واختبار المطروقات

الغرض من اختبار وفحص المطروقات

يجب فحص المطروقات للتأكد من جودتها . وتختبر المعادن المستعملة فى صناعة المطروقات المختلفة دوريا ، للتحكم فى جودة المنتجات المنتهية ، إذ قد توجد عيوب كثيرة فى المعدن قبل البدء فى أى عملية من عمليات الإنتاج . وتجرى عمليات فحص المنتجات نصف المنتهية كذلك ، والمنتجات بعد الانتهاء من التشغيل ، لمعرفة ما إذا كانت هذه المنتجات تطابق المواصفات الموضوعة لها . وقد قامت الجمعية الأمريكية لاختبار المواد عن طريق مختلف اللجان ، التى تمثل المنتجين والمستهلكين والمهندسين والجماعات الأخرى التى يهمها الأمر بوضع مواصفات للمطروقات تتبع الآن فى صناعة الحدادة .

وهذه المواصفات مشروحة بالتفصيل فى نشرات (الجمعية الأمريكية لا ختبار المواد) ، وكذلك فى نشرات بعض منتجى المطروقات . ويوصى باستعمال هذه المواصفات كلما أمكن ذلك. ولقد وضعت هذه المواصفات بحيث يسهل على المنتجين متابعة ما يخص نوع منتجات الحدادة التى تهمهم على النحو التالى : إرشادات لأداء العمليات المناسبة ، وتوصيات لما يلزم اتباعه فى حالة الأعمال غير العادية . وكذلك توصيات تتناسب مع نوع الصلب المستعمل للمطروقات المطلوبة . ولا يقتصر ذلك على الصلب المجهز ، بل يمتد إلى الكتل المربعة والمسطحة التى تستخدم فى المطروقات ، كما تذكر أيضاً التحاليل الكيماوية لخامات المطروقات التى تنتجها صناعة الحديد والصلب ، وذلك ليسهل على المستلم اختيار المعادن التى تتناسب واحتياجاته المعينة ،

وكذلك لمواصفات ، بإجراء بعض إختبارات الخواص الميكانيكية ، مثل اختبارات مقاومة الشد على عينات من المعدن ، لتعيين نقطة خضوعه وإجهاده ، وكذلك إختبارات الصدمات (لمعرفة مقاومة المعدن للإجهادات المفاجئة والصدمات) ، وأيضاً اختبارات كلال المعادن ، وغير ذلك من الاختبارات الأخرى . وتظهر مقاطع المطروقات لفحصها بالعين المجردة ، وذلك بتحميض عينة من المعدن بمادة مناسبة مظهرة للبنيه . وهذا لازم فى بعض منتجات الصلب . وتجرى اختبارات بالضغط الهيدروستاتى لاختبار الأوانى المجوفة والمواسير والمنتجات المشابهة الأخرى ، التى تتعرض للضغط أثناء الاستعمال ، وتجرى غالباً إختبارات الضغط هذه من الداخل . ويلزم فى كثير من الأحيان ، اختبار قابلية المعدن للتصلد وقابليته للمعاملات الحرارية الأخرى . وفى بعض الحالات الخاصة، تجرى إختبارات حرارية إستقرارية من ناحية الأبعاد . فمثلا ، يجب أن يحتفظ دوار التربين باستقامته وانتظام دورانه عند درجة الحرارة التى يعمل فيها .

العيوب الشائعة فى المطروقات

يرجع إنخفاض جودة منتجات الحدادة إلى عيوب فى المعدن المستعمل الخام . لذلك يجب التأكد من جودة المواد الخام المستعملة فى الحدادة قبل التشغيل للتأكد من الحصول على منتجات عالية الجودة يمكن استعمالها بكفاية دون الحاجة إلى استبدالها بين وقت وآخر ببديلات عالية التكاليف . ومن العوامل التى يجب أخذها فى الإعتبار ، توقع إنهيار المطروقات المعيوبة (التى بها عيوب) إذا كانت عبارة عن أجزاء فى المكنات السريعة الدوران . لذلك يلزم اختبار المعدن الخام وأداء عمليات تشكيل الجزء المطروق بحرص ودقة ، لتجنب هذا الإنهيار ، ولتلافى حدوث الكسر . لذلك يلزم التعرف على المعدن الخام من الوجهة العلمية ، كما تلزم المهارة والخبرة فى الأداء إلى أقصى الحدود ، لإنتاج مطروقات سليمة كيماويا ومن حيث تركيب البنية . ولاشك أن إنكشاف العيوب فى المطروقات، سواء أكانت

فى أثناء عمليات الحدادة أم بعد الانتهاء منها ، خسارة محققة . ويتوقف مقدار هذه الخسارة على نوع وحجم المطروق ، وكمية التشغيل التى تمت عليه . لذلك تكلف العيوب فى المطروفات الكبيرة كثيراً . ولا تنكشف العيوب فى أحوال كثيرة ، إلا بعد إتمام عمليات التشغيل بالمكنات ، وبعد المعاملات الحرارية . وهذه مشكلة خطيرة ، تكلف كثيراً ، فاذا تكرر إنكشاف هذه العيوب ،وجب إجراء بحث دقيق مستفيض فى نوع المعدن وفى الأساليب المتبعة فى الإنتاج لتجنب وجود هذه العيوب .

وتبُوب العيوب الشائعة فى المعادن ، التى أجريت عليها عمليات التشكيل العجينى كما يلى :

١ — عيوب تنتج من عملية الصهر ، مثل ما يوجد فى المعدن المعد للتشكيل بالحدادة ، من بقايات أو خبث أو شوائب لم تفصل عن الحديد فى أثناء عملية الصهر . أو تكوُن فجوات صغيرة (بخبخة) يسببها إنطلاق الغازات فى أثناء تجمد قطعة الصلب الخام (الشبق) .

٢ — عيوب فى تكوين الشبقات نفسها . مثل القنوات ، (ويتكون هذا عند محور الشبق) ، والتشققات أو تشوه السطوح أو تخرّج بعض العناصر وتراكيبها الكيماوية فى كتلة المعدن . وسبب هذا التخرج ، توزع هذه العناصر والمكنات فى المعدن دون انتظام .

٣ — عيوب سببها أخطاء فى عمليات الحدادة ، مثل اللحامات الداخلية ، والتشققات والتثنيات . . الخ . وما هذه العيوب إلا انفصالات فى بنية الكتلة المعدنية .

٤ — عيوب تسببها أخطاء فى تسخين وتبريد المطروقات ، مثل إحتراق المعدن، وتناقص الكربون فى الصلب وتكون القشور الداخلية . وتسبب الصلب ملامسة للهواء تناقص الكربون فبه ، فيخرج الكربون من سطح الصلب بالأكسدة .

ويصعب فى كثير من الأحيان انكشاف العيوب التى بالمطروقات . إلا إذا كانت

موجودة على السطح ، وكانت كبيرة ، بحيث يمكن رؤيتها بالعين المجردة ، كما يصعب إدراك العيوب التى تقع تحت طبقة من القشور أو تكون داخل المطروق . لذلك تستعمل عدة وسائل لفحص الأجزاء المعدنية ، للتحقق من خلوها من العيوب البالغة الأثر .

ويحتمل أن تتكون القشور الداخلية ، وكذلك تمزقات داخل المعدن ، بعد إتمام عمليات الحدادة ، نتيجة لثقل الصلب وقابليته للتصلد ، لذلك تتبع عدة أساليب لتكييف ومعالجة المطروقات بالحرارة ، قبل تبريدها إلى درجة الحرارة العادية ، وذلك لتجنب هذه العيوب . كما تجرى معاملات حرارية معينة وكذلك تضبط سرعة تبريد المطروقات نصف المشغلة ، المعدة لعمليات الحدادة ، مثل الكتل المربعة والمسطحة ، التى يعاد تسخينها لإنقاص حجمها فى عمليات الحدادة النهائية . ويتوقف نوع التكييف والمعاملة الحرارية ، على تركيب بنية المعدن وعلى حجم الجزء المطروق ودرجة تعقيد شكل المنتج المطروق .

وتتصاغر وتندمج حبيبات بنية الصلب ، بتشغيله على الساخن فى أثناء الحدادة ، فينتظم ترتيب حبيبات المعدن ، وتقل عيوبه المختفية نسبيا . وتتابع تشغيل المعدن على الساخن فى القوالب من النوع المقفل ، ينتج إلى حد كبير أجزاء خالية من هذه العيوب المختفية .

فحص واختبار الخامات المستعملة فى الحدادة

تفحص المواد الخام المستعملة فى الحدادة للتأكد من جودتها ، وهذه خطوة أولى فى إنتاج المطروقات . وتصنع معظم مطروقات الصلب من صلب عالى الرتبة ، عنى بأساليب صنعه . ويدرفل هذا الصلب غالبا فى أقسام الدرفلة إلى الأحجام المناسبة من كتل عالية الرتبة . ويفحص هذا الصلب دوريا فى أثناء إنتاجه ، فى قسم الدرفلة ، ليطابق المواصفات الكيماوية والفيزيائية المطلوبة . وتعين هذه المواصفات نوع العمل الذى ستستخدم المطرقات المشطبة فيه .

ويجب التحقق عند فحص المعدن المستخدم فى الحدادة ، وخاصة الصلب للتأكد أن له سطحا ممتازا ، وبنية داخلية خالصة سليمة . ويفحص المعدن كذلك بالتحليل الكيماوى ، وكذلك يفحص السطح باختبارات التطهير بحامض ساخن ، وأيضاً باختبارات الحدادة . ونتائج هذه الإختبارات إيجابية ، وعلى أساسها يعتمد قبول الصلب للحدادة أو رفضه .

من الواضح أن عمليات اختبار المعادن مطلب أساسى قبل تصميم المنتجات وتركيبها عامة . ويعتبر اختبار أنسب المعادن لعمل معين ، مشكلة غير بسيطة . لذلك طورت معادن كثيرة إثر تطبيق علم الفلزات الحديث ، واستولدت منها خواص فيزيائية مختلفة ، تكرر كثير منها فى هذه المعادن . وهذا يزيد مشكلة إختيار الخام المناسب صعوبة وتعقيدا . وتحت تصرف مهندسى تصميم المنتجات معطيات كثيرة كافية ، فى مختلف النشرات التى تصدرها الهيئات المهتمة بصناعة المعادن ، أو يصدرها منتجو آلات الإنتاج ومعداته . ولاتعد هذه المعطيات والبيانات المفيدة مرجعا فحسب ، وإنما هى فى الواقع مرشد لإختيار أنسب المواد الخام ، وأنسب العمليات والأساليب التشغيلية وفقاً لنتائج التجارب . فتنتقى هذه المواد بحيث تصلح لمقاومة مختلف الإجهادات التى تتولد فى أثناء الاستعمال .

وتشمل هذه المعطيات والبيانات الخاصة بالمواد المستعملة فى الحدادة . معلومات عن الخواص الفيزيائية ، وخواص التصليد ومقاومة كلال المعدن ومقاومة الصدمات وغير ذلك من المميزات المماثلة ، التى تتعين فى معامل الاختبار . وتجرى التجارب على قطع إختبار تؤخذ من المعدن ، أو من أجزاء بالحجم الطبيعى لقطع موجودة فعلا يمكن مقارنتها . ويشمل تحليل المعدن اختبارات مجهرية .

(ميتالوجرافية) ، هى فحص مقطع عينة مجهزة بالعين المجردة ، أو بالمجهر (الميكروسكوب) . وتستعمل هذه بطبيعة الحال لضبط جودة المعدن فى أثناء الإنتاج ، ويجرى الفحص العادى إما بالعين المجردة ، أو بعدسة تكبير صغير . ويستخدم المجهر (الميكروسكوب) أو الأجهزة البصرية المماثلة الأخرى ، فى الفحص

المجهرى (الميكروسكوبى) . ويكون التكبير عادة (٢٥ مرة) أو أقل . فى الفحص العادى . ويظهر فى هذه الحالة من سطح المقطع مايكفى لدراسته لكشف عيوب المكسر ، وتقدير حجم الحبيبات ، وتخرج الشوائب ، ونوع البنية على وجه العموم . أما الفحص المجهرى (الميكروسكوبى) ، فإن التكبير فيه يكون بدرجات كبيرة نسبيا . والغرض من هذا الفحص دراسة تطور البنية ، وقياس حجم الحبيبات ، وتعيين نوع الشوائب وتقدير كمياتها ، وتحديد حجم وشكل حبيباتها .

فحص أسطح الأجزاء المطروقة

تفحص أسطح المطروقات بالعين المجردة ، للكشف عن التشققات واللحامات الداخلية ، والتثنى ومواضع احتراق المعدن ، والنقط المحروقة ، والقشور الزائدة والصدأ المتغلغل ، ويظهر التثنى فى المطروقات بسهولة ، وتكشف عنه بالعين المجردة ، كما تعرف اسباب التثنى بسهولة ، إذ أنها إما ناتجة عن خطأ فى التسطيح أو عن استخدام قوالب أجزاؤها غير متطابقة ، تمنع إنسياب المعدن إنسيابا سلسا فى أثناء الحدادة . ويبين شكل (١) عيب التثنى فى مقطع مثقاب للخشب .

(شكل ١) تثنى في تكوين بدنه مثقاب للخشب

ويمتد التثنى المبين فى شكل (١) من أول القطعة لآخرها ، ويتسبب هذا العيب الواضح من استعمال قوالب مصممة تصميما خاطئا ، كما أن إجراء عمليات الحدادة لم يكن سليما (فى هذه الحالة) من الناحية الفنية .

وكثيراً ما تظهر العيوب فى قطعة المعدن باختبارها بكسرها ، أو بقطعها ، فاذا انكسرت أو قطعت القطعة بحيث يسير مقطع الكسر فى المناطق المعيوبة ،

تنكشف العيوب . وتقطع فى بعض الأحوال الأجزاء المعدنية بالمقص أو بالمكنات ، وذلك لكشف العيوب التى تحت سطح المعدن . ويبين (شكل ٢) مقطعا طوليا فى



(شكل ٢) مقطع فى قضيب مسحوب على البارد به عيوب داخلية

قضيب مسحوب على البارد ، ظهرت تمزقات واضحة فى وسطه . ويحدث هذا العيب ، إما بالتشغيل الزائد على البارد ، أو بتأثير كل من إنفصال الجزء الأوسط الضعيف والتشغيل على البارد . ويظهر هذا النوع من العيوب فى المقاطع التى تتراوح من حيث الجرم فيما بين الأسلاك والإبر الرقيقة إلى قضبان قطرها (١ً بوصة) — فى المعادن التى سحبت على البارد .

اختبار المطروقات بتظهير بنيتها بحامض ساخن

طريقة إختبار المطروقات بتظهير بنيتها بحامض ساخن من الاختبارات قليلة التكاليف ، المستعملة كثيراً للكشف عن عيوب تكوين البنية . وتنقسم إختبارات التظهير بحامض ساخن إلى قسمين :

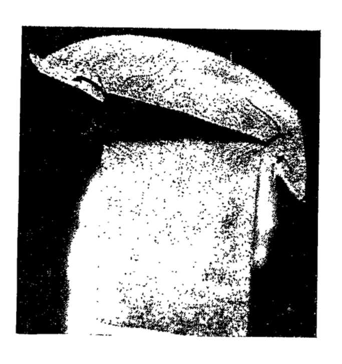
١ — للكشف عن عيوب السطح ، مثل الحامات والتثنى والتشقق .

٢ — للكشف عن العيوب الداخلية ، مثل المسامية والقنوية والتخرجية .

ويتلخص إختبار التظهير بالحامض للكشف عن عيوب السطح ، فى تغطيس قطع قصيرة من قضبان الصلب أو كتل الصلب المربعة ، فى حامض كبريتى مخفف ، لمدة ١٥ دقيقة ، فيزيل الحامض قشور الدرفلة التى تتكون نتيجة لملامسة المعدن

لأكسيجين الجو . يتلخص إختبار الكشف عن العيوب الداخلية ، فى مقطع عينات من القضبان التى تحت الفحص ، بنشرها ، ثم بتلميعها ، ثم بتغطيسها لمدة (٣٠ دقيقة) فى محلول (٥٠ ٪ حامض هيدروكلورى) تجارى و (٥٠ ٪ ماء) مسخن لدرجة (١٦٠° ف) . وتؤثر عملية التظهير بالحامض الساخن فى المعدن المختبر ، بإظهار خواص بنيته أى حجم حبيبات وتشكيل بنيته .

ويبين (شكل ٣) مقطعاً فى مسمار عولج بحامض ساخن،فظهر كسر بدأ فى أثناء الكبس على البارد . وقد بدأ الكسر فى هذا المسمار ، من تمزق داخلى فى رأسه ، نتج عن تشغيل الصلب على البارد خارج حدود مطوليته .

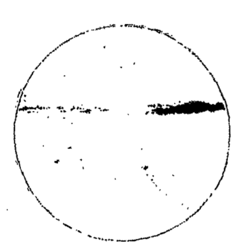


(شكل ٣)
مقطع في مسمار ظهرت بنيته بحامض ساخن يبين كسراً بدأ فى أثناء الكبس على البارد

الاختبار المجهرى (بالميكروسكوب)

كثيراً ما تختبر مقاطع فى المطروقات بعد تعليمها وتظهيرها بالحامض، باستعمال المجهر (الميكروسكوب) ، الذى يكشف عن العيوب التى لا ترى بالعين المجردة .

ويبين (شكل ٤) منظرا مجهريا (ميكروسكوبيا) ، يكشف عن خطوط تخرجات الشوائب المتكونة من الخبث ، فى مقطع طولى فى عمود من الصلب شكل بالحدادة. ويشير وجود هذه الخطوط إلى خطأ فى طريقة صهر هذا النوع من الصلب ، وينشأ بطبيعة الحال عن وجود هذا العيب ، قصر فى حياة استعمال هذه القطعة. وقد يسبب تكون خطوط الشوائب هذه . تشققات شعرية داخلية ، تغير فى مقادير مقاومة المعدن فى الاتجاهات المتعارضة .



(شكل ٤) مقطع طولى فى عمود شكل بالحدادة يبين الشوائب (مكبرة ١٠٠ مرة)



(شكل ٥) تشوه البنية على سطح مشغل بالمكنات (مكبرة ١٠٠ مرة)

ويبين شكل (٥) أثر التشغيل الأولى التقريبى بالمكنات على الجزء المطروق . وتسبب اعوجاج البنية الظاهر قرب سطح المطروق ، فى هذا الالتواء أو التشدخ وذلك فى أثناء إجراء عمليات المعاملة الحرارية التى تلت التشغيل التقريبى .

اختبارات غير انهيارية

تستعمل طرق الاختبار غير الانهارية لفحص جودة تشكيل الأجزاء المعدنية . ويكشف عن حالة المعدن الداخلية تحت سطحه بتسليط الأشعة السينية على قطعة من المعدن ، فتمر بين ذراتها . وتخترق الأشعة السينية قطاعات من المعدن سمكها (٤ بوصات) إذا كان الجهد الكهربى المستعمل ، حوالى (٣٠٠٠٠٠ ڤولت) ،

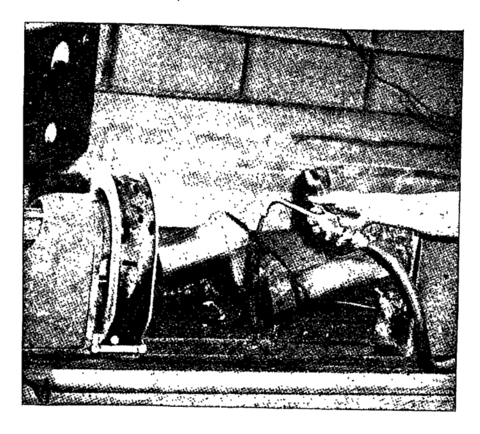
وذلك للكشف عن عيوب مثل الكسور والتفلقات وما يشابه ذلك من العيوب .

وتستخدم الخواص المغناطيسية فى اختبار يسمى (المجنافلاكس) ، ويعمل عن طريق انسياب خطوط المجال المغناطيسى ، للكشف عن عيوب السطح فى الصلب مثل الشقوق واللحامات والتثنيات. وتتلخص هذه الطريقة فى مغطسة الصلب أولا ، ثم ذرّ برادة الحديد على السطح ، فتستقطب مواضع العيوب التى فى السطح أو القريبة منه وتجمع حولها برادة الحديد فتتبين العيوب المستترة .

وللاختبار المغناطيسى (المجناملكس) مميزات كثيرة ، كما أن لها بعض نواحى النقص فى الكشف عن عيوب منتجات الحدادة ، فمميزات هذه الطريقة حساسيتها الكبيرة فى إظهار عيوب السطح ، التى قد يكون بعضها صغيرا بحيث لا تكشفها الوسائل الأخرى ، وهى وسيلة سريعة ، وتكشف العيوب بوضوح .

والعيوب التى تكشف عنها هذه الطريقة هى العيوب السطحية ، والعيوب التى تقع تحت السطح مباشرة : وهذه الأخيرة عيوب لا تكشف عنها الوسائل الأخرى . ويقتصر استعمال هذه الوسيلة على المعادن الحديدية المغناطيسية ، أو سبائكها ، ولا تكشف هذه الوسيلة عن كل العيوب التى تحت السطح ، إذ يتوقف ذلك على خواص وعمق هذه العيوب .

توضع برادة الحديد المغناطيسية الدقيقة ، على المطروقات فى محلول أو جافة طبقا للأسلوب المتبع ، فيتكون تشكيل منها فى نقط تسرب خطوط المجال المغناطيسى . ويبين هذا التشكيل مكان وخواص العيوب العامة . ومغطسة القطعة أهم مرحلة من مراحل الكشف ، إذ يلزم أن تتعامد خطوط المجال المغناطيسى على اتجاه العيب ، لذلك لا يكشف عن وجود خط لحام داخلى ، إذا كان موازيا للمجال المغناطيسى . لذلك يلزم مغطسة الأجزاء غير المنتظمة فى عدة اتجاهات مختلفة بعد إزالة مغناطسيتها بعد كل عملية . ويبين (شكل ٦) جهاز اختبار (المجنافلاكس) فى أثناء الكشف على مطروقات أجزاء الطائرات ، وهى من اختبارات الكشف الهامة التى يتحقق عن طريقها جودة هذه الأجزاء التى فى غاية الأهمية . وتنتج شركة



(شكل ٦) مكنة (مجنافلاكس) لفحص مطروقات أجزاء الطائرات

(مجنافلاكس) بشيكاجو مجموعة من معدات الاختبار لفحص مختلف المنتجات ، أهمها المطروقات . ويستحسن أن يحصل القارىء على المعطيات والبيانات المتعلقة بهذه المعدات ، من النشرات التى تصدرها هذه الشركة ، أو عن طريق سؤال الشركة نفسها مباشرة .

ضبط جودة عمليات الحدادة بالتحكم فى أساليب التشغيل وعملياته تحكما شاملا

لا يمكن التأكد من جودة المطروقات إلا بضبط جميع عمليات أساليب التشغيل ومراحل إنتاج الصلب ، ضبطاً دقيقاً ابتداء من عمليات استخراج خام الحديد من المناجم ، إلى عمليات معاملة المطروقات النهائية بالحرارة وتجليخها . ويلزم تحديد الجودة بمواصفات محددة دقيقة لضبط هذه الجودة . ونلاحظ

أن المواصفات القديمة لم تتعد حدود تسمية أنواع الصلب ، إذ كان يعين النوع بإسم كما يلى مثلا : « صلب عجلات العربات » أو : « قضبان صلب للحدادة اليدوية » أو : « صلب الأعمدة الدوارة » أو : « صلب سلاح المحاريث » أو حديد قضبان السكك الحديدية . . . الخ .

ومن الواضح أنه يلزم فى المواصفات الجديدة ، أن تشمل التحليل الكيماوى ، ومقدار الصلادة المطلوبة ، ومقاومة الشـد ، ومدى المطولية ، ومقاومة الصدمات . . . الخ . وبعبارة أخرى يجب أن تشمل هذه المواصفات كل البيانات والمعطيات التى تحدد صلاحية الصلب لما سيتعرض له فى أثناء الاستخدام.

ويمكن هذه الأيام شراء نوع الصلب لمختلف أنواع إنتاج المطروقات فى المصانع الحديثة ، التى تتبع أساليب الإنتاج الكبير ، بأسعار أقل بكثير من الأسعار التى كانت فى الوقت الذى بدأت فيه صناعة الحدادة تستخدم أساليب الإنتاج الكبير .

وتنتج اليوم المطروقات بجودة أعلى بكثير منها فى أى وقت مضى . ويعتمد إنتاج المعادن عامة على مهارة فنية كبيرة ، كان لها أكبر الأثر فى إنتاج مطروقات عالية الجودة متباينة الأشكال .

طرق التعرف على أنواع الصلب المختلفة

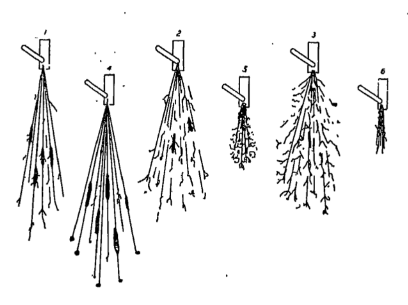
تستخدم أنواع سبائك الحديد المختلفة فى إنتاج كثير من المنتجات ، وللتمييز بين أنواع هذه السبائك ، طرق ووسائل غير وسائل التحليل الفيزيائى والكيماوى الشاملة . إذ قد يحدث فى مصنع ما أن تختلط أنواع مختلفة الرتب من الصلب بعضها مع بعض ، فتصعب التفرقة بينها . ولهذا يلزم تمييز قضبان الصلب عادة بطلاء أجزاء منها بألوان مختلفة أو بأية وسيلة أخرى عند شرائها . ولكن قد يحدث أن تزال أو تمحى هذه العلامات المميزة بقطع الجزء المطلى ، فيصبح باقى القضيب الصلب غير مميز برتبته أو بنوعه . ومع أن على صانع الآلات والعدد ، أن يختار الصلب المناسب للصنع برتبة معينة ، لا يصلح له غيرها . فاذا اختلط عليه الأمر ، لا يمكنه ذلك .

لذلك كان من الضرورى أن تكون هناك وسيلة بسيطة لتعيين أنواع ورتب المواد الخام هذه ، لا لمثل هذه الحالة فحسب ، بل أيضا فى كثير من غيرها . ولتعيين أنواع ورتب المواد وسائل عملية بسيطة ، للتعرف عليها كما فى حالة سبائك الحديد ، منها إختبار الشرر وإختبار المكسر . واختبار الشرر لا يستغرق إلا زمنا قصيراً دون إتلاف فى المعدن ، كما أنه لا يتكلف كثيراً . وهذا الاختبار عبارة عن وضع الحديد أو الصلب ملامساً لحجر جلخ فى أثناء دورانه ، وملاحظة نوع الشرر المتطاير من سطح حجر الجلخ الدائر وشكل هذا الشرر وهيئته . ويتكون هذا الشرر من حبيبات صغيرة من المعدن ، تنفصل عن المعدن الأصلى عند ملامسته لحجر الجلخ ، فتتطاير حمراء أو صفراء نتيجة للاحتكاك ، ثم تتأكسد أو تحترق فى أثناء تطايرها لملامستها لأكسيجين الهواء . وإذا كان فى الصلب أو الحديد عنصر سهل الإحتراق كالكربون ، يحدث اشتعال سريع ويظهر الشرر معه لامعاً .

ولا يتطاير الشرر ، أو يتطاير بمقدار قليل ، إذا وضع الحديد المطروق أو الصلب منخفض الكربون على سطح حجر الجلخ الدائر ، وإنما تخرج خطوط ضوئية من سطح العجلة فى اتجاه الدوران ، وتظهر معتمة بالقرب من الحجر ، وينصع لون هذه الخطوط كثيراً ، عند نقطة تبعد نسبياً عن الحجر ، تتحول بدورها مرة أخرى إلى الإعتام وتسقط على الأرض .

ويتوالد الشرر ناصعاً ، بمجرد وضع قطعة من الصلب عالى الكربون ملامسة لسطح حجر الجلخ الدائر ، ولكن يتوالد شرر حول محيط العجلة عند تجليخ الصلب منخفض الكربون ، ويختفى شرر الصلب عالى الكربون بعد تولده مباشرة . ولا تتخلف أى حبيبات منفصلة من العجلة فى حالة الصلب عالى الكربون علواً كبيراً ، إذ أنها تحترق جميعاً ، وتختفى فى الهواء . وسبب هذه الظاهرة أن الصلب عالى الكربون ، يحترق بسهولة أكثر منها فى حالة الصلب منخفض الكربون . وتوضح هذه الظاهرة سبب الاحتياطات الكبيرة التى تتخذ فى أثناء تسخين الصلب عالى الكربون ، استعداداً لطرقه ، إذ تجنب هذه الاحتياطات احتراق المعدن

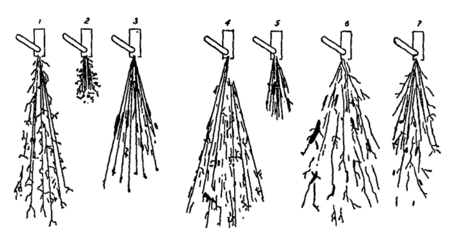
فى هذه الأحوال . ويختلف شكل الشرر الذى يتولد من أنواع الصلب التى تختلف تحاليلها الكيماوية عند تجليخها . ويتعين على عمال الحدادة أن يتعرفوا على خواص الشرر الذى يتوالد من مختلف أنواع الصلب ذات التحاليل المعروفة، بالتعرف على أنواع الخامات المجهولة النوع بوساطة الشرر . ويستطيع العامل الخبير المتمرن، استعمال اختبار الشرر لمعرفة كمية تناقص الكربون الذى يحدث فى أثناء عمليات الحدادة ، كما تستخدم هذه الوسيلة لتعيين سمك الغلاف الصلد فى الأجزاء المغلفة أى مقساة السطوح .



(شكل ٧) خواص الشرر المتطاير عند تجليخ أنواع مختلفة من الحديد والصلب .

١ — صلب منخفض الكربون . ٢ — صلب متوسط الكربون .
٣ — صلب عالى الكربون . ٤ — حديد مطاوع .
٥ — حديد زهر أبيض . ٦ — حديد زهر رمادى .

ويبين (شكل ٧و٨) خواص الشرر المتطاير عند تجليخ مختلف سبائك الحديد . ويبين جدول رقم (٤) وصفا تفصيليا لخواص الشرر المتولد من أنواع الحديد والصلب والسبائك المختلفة . « راجع كتاب دليل المعادن (الفلزات) طبعة ١٩٤٨ الذى نشرته الجمعية الأمريكية للمعادن للحصول على معلومات مستفيضة عن اختبار أنواع الشرر المتطاير من الصلب والسبائك » .



(شكل ٨) خواص الشرر المتطاير عند تجليخ أنواع مختلفة من الصلب السبائكى :
١ — صلب عدة . ٢ — صلب السنابك والقوالب .
٣ — صلب المقاطع المتينة . ٤ — صلب قوالب التشغيل على الساخن .
٥ — صلب لا يصدأ . ٦ — صلب لا يتقلص أو ينكمش لذكور القوالب ولقطع اللولبيات .
٧ — صلب مغناطيسى .

ويمكن استخلاص معطيات وبيانات مفيدة جداً عن خواص الصلب من اختبارات الكسر . وتتلخص عملية كسر الصلب بطريقة مناسبة ، فى أن يحز المعدن مثلا ، بالمنشار أو الأجنة ، ثم يقبض على أحد طرفيه فى منجلة ويضرب طرفه الآخر بالمطرقة فينكسر ، فيتبين للفاحص ما إذا كان الصلب لينا مطيلا أو صلدا قصيفاً . ويعرف من فحص المكسر ، ما إذا كانت نسبة الكربون فى عينة الصلب منخفضة أو مرتفعة ، كما يعرف من فحص مكسر مسبوك من الحديد الزهر ، ما إذا كان رماديا أو أبيضا أو لدنا لينا .

ولا ينكسر الصلب المنخفض الكربون بسهولة ، لأنه ينثنى أولا للدونته ومتانته ، فإذا انكسر يظهر المكسور بلون رمادى فاتح . ويمكن تقدير حجم الحبيبات إذا لم يتشوه المكسر كثيراً . ولا تتغير خواص الصلب منخفض الكربون كثيراً ، كصلادته مثلا ، عند كسره إذا سخن إلى اللون الأحمر الفاتح ، (أى إلى درجة حرارة حوالى ١٥٠٠°ف) وسقى فى الماء .

والصلب عالى الكربون ، أكثر قصافة من الصلب المنخفض الكربون ، وهو لذلك لا ينثنى أو ينحنى بنفس الدرجة ، لذلك ينكسر بسهولة . ويلمع مكسر الصلب

عالى الكربون ، ويظهر حجم حبيباته بوضوح أكثر منها فى مكسر الصلب منخفض الكربون .

وتتغير خواص الصلب عالى الكربون تغييرا واضحاً عند تسخينه إلى اللون الأحمر ، (حوالى ١٤٥٠° ف) ، وسقيه فى الماء ، فيصبح صلدا قصيفا ، ويصبح المكسر حريرى المظهر دقيق الحبيبات ، وذلك بعد معاملته حراريا .

ولا يصلح الحديد الزهر الرمادى للحدادة ، ويجب التفرقة بينه وبين الحديد الزهر الأبيض والحديد الزهر اللدن (اللين) . وينكسر الحديد الزهر الرمادى بسهولة ، لأنه لين قصيف المكسر كبير الحبيبات ولونه رمادى غامق .

وينكسر الحديد الزهر الأبيض بسهولة ، ولو أنه صلد جدا ، ولكنه قصيف ، ويُظهر المكسر حجم الحبيبات وهو أبيض اللون . ويصعب تشغيل هذا الزهر على مكنات التشغيل غير مكنات الجلخ .

ولا يصلح الحديد الزهر اللدن (اللين) للحدادة ، كما لا يمكن تشغيله على البارد فى حين أنه لا ينكسر بسهولة ، لأنه متين مطيل ولا يشبه فى ذلك كلاً من الحديد الزهر الرمادى أو الأبيض . ويظهر مكسر الحديد الزهر اللدن (اللين) ، على هيئة غلاف يحيط بالجزء الداخلى . ولمكسر الغلاف هيئة الصلب منخفض الكربون ، بينما يشبه مكسر الجزء الداخلى ، مكسر الحديد الزهر الرمادى ، إلا أنه أغمق منه لونا .

ويصعب كسر الحديد المطاوع لليونته ومتانته ، ولا تتغير خواصه بتسخينه وسقيه فى سائل بارد . ولون مكسره كلون مكسر الصلب منخفض الكربون ، إلا أنه تظهر فيه ألياف ، وذلك لوجود خطوط الشوائب فيه ، ويمكن مشاهدتها أيضا على السطح بعد إزالة القشور عنه .

وخلاصة القول ، أن اختبارات الشرر وفحص المكسر ، هي فى الواقع اختبارات سريعة بسيطة مفيدة ، وخصوصا فى التطبيقات العملية . ورغم ارتفاع تكاليف معدات وسائل التحليل المجهرى (الميكروسكوبى) ، وطول الزمن اللازم لأداء الاختبار ، فإن لهذه الوسيلة أهمية كبيرة فى حالات كثيرة ، إذ تدل على تركيب بنية المعدن وخواصه الأخرى التى تناسب هذه البنية .

(جدول رقم ٤)

خواص الشرر من أنواع مختلفة من الحديد والصلب والسبائك

المعدن والتحليل	خواص الشرر
صلب كربونى (٠,٠٥٪ إلى ٠,٠٩٪) كربون	لون الخطوط المتطايرة من حجر الجلخ قشى فاتح وتتبع خطوطا مستقيمة ، ويزداد عرضها ويشتد ضوؤها على مسافة من الحجر . والخطوط عبارة عن حبيبات صغيرة من المعدن ، تتطاير من سطح الحجر بعد أن ترتفع درجة حرارتها . وتنفجر هذه الخطوط فى شرر مميز الشكل . ولكن هذه الظاهرة غير واضحة تمام الوضوح . ولا يظهر شرر أو تريش حول محيط الحجر .
صلب كربونى (٠,٢٠٪) كربون	شرره كربونى ، وتنفجر الخطوط أكثر منها فى الصلب الكربونى (٠,٠٥٪) . وسبب استضاءة الخطوط المتشبعة هو الانفجار . ولا يحدث هنا أى تريش .
صلب كربونى (٠,٤٠٪) كربون	فيه زيادة فى الانفجارات والتشعب . لون خطوطه ذهبى زاهٍ . يلاحظ بعض التريش حول محيط حجر التجليخ .
صلب كربونى (٠,٦٠٪) كربون	به انفجارات كثيرة لونها أصفر نحاسى . يقترب التشعب من الحجر كلما زادت نسبة الكربون فى الصلب ويحيط التريش بالحجر .
صلب كربونى (٠,٨٠٪) كربون	به عدد متزايد من الانفجارات ، وتناقص فى طول الخطوط ، وهناك تريش .

المعدن والتحليل	خواص الشرر
صلب كربونى (٠,٩٠٪ كربون)	به عدد كبير من الانفجارات وتشعب ظاهر ، كثيرا ما يعود وينقسم ، وكذلك به تريش ، واللون أبيض ذهبى .
صلب كربونى (١٪ إلى ١,٤٪)	يقل فيه وضوح الخطوط بزيادة نسبة الكربون إذ يتولد الشرر أو الانفجار قريبا جدا من سطح حجر الجلخ .
صلب كربونى (ما فوق ذلك)	يزداد عـــدد الانفجارات والتشعب كثيراً . وخطوطه أقصر بكثير ، ويميل اللون إلى الأحمر كما يحدث تريش ظاهر
حديد زهر رمادى	خطوطه قصيرة رفيعة جدا ، وبعض الشرر فيه مثل شرر الصلب الكربونى ، ولكن غير كامل الوضوح ، واللون أحمر طوبى ، وتميل خطوطه إلى الانحناء إلى أعلى عند نهايتها ، ولا يحدث تريش .
حديد زهر أبيض	مماثل للصلب عالى الكربون ، إلا أن خطوطه أدق بكثير وأقل شررا ، ولون الخطوط قرب الحجر أحمر طوبى ، وتريشه قليل جدا .
حديد زهر عالى السليكون	لا تكاد خطوطه تظهر ، بل يظهر وهج أحمر قرب الحجر .
معدن نيكلكروم (نيكل وكروم)	خطوطه دقيقة جدا لونها يميل إلى اللون الأحمر وهى قصيرة جدا ، ولا يؤثر الأكسوجين كثيرا على هذه المادة .
حديد زهر ملدن (لدين)	خطـــوطه كثيرة عريضة ، ويتولد فيــه بعض الشرر أو الانفجارات ويسبب ذلك تشعبا ، واللون أحمر برتقالى .
الحديد المطاوع	يشبه الصلب منخفض الكربون كثيرا ، وخطوطه طويلة صفراء ، وتضىء بالقرب من قرب نهايتها وتكاد تخلو

المعدن والتحليل	خواص الشرر
	من شرر الكربون ، كما تتشعب الخطوط تشعبا قليلا . ولا يحدث أى تريش .
الصلب المدرفل المتين (٠,٤٠٪ كربون) (١,٧٪ تنجستن) (١,٠٪ كروم)	يشبه الحديد المطاوع . ولكن خطوطه أقصر بكثير ، وبها انفجارات قليلة قرب سطح الحجر وخطوطه حمراء دون تريش .
صلب مغناطيسى (٠,٦٥٪ كربون) (٥,٥٪ تنجستن)	خطوطه حمراء تتشعب ، وهو أصفر ويبدأ التشعب قرب الحجر ، ويستمر على طول الخطوط . يتولد شرر بعض الكربون فيحدث تشعبا كثيرا .
صلب رءوس المطارق المتساقطة وقوالب التشكيل (٠,٥٥٪ كربون) (٠,٦٪ كروم) (١,٥٪ نيكل)	يتطاير فيه بعض الشرر المميز . كما فى الصلب الكربونى الذى يحتوى نفس النسبة من الكربون .
صلب قوالب التشكيل على الساخن (٠,٦٥٪ كربون) (٣,٥٪ تنجستن) (٣,٧٥٪ كروم) (١,٠٠٪ ڤانيديوم)	خطوطه قصيرة ، وبها انفجارات صغيرة جدا ، واللون مائل للاحمرار والخطوط باهتة جدا .

المعدن والتحليل	خواص الشرر
الصلب سريع القطع (صلب الهواء) عالى الكروم وعالى التنجستن	مشابه للشرر المتولد فى قوالب التشكيل على الساخن . وله خطوط لونها مائل للاحمرار ، تتبع مدارها خطوط منكسرة وانفجارات قليلة ، ويظهر إثره بسيط من الشرر المتولد من الكربون ، ولا يحدث الترييش .

أسئلة للمراجعة

١ — ما الغرض من اختبارات وفحص المطروقات ؟
٢ — اذكر أسماء بعض الوسائل المستعملة لفحص واختبار خواص المطروقات الميكانيكية .
٣ — اذكر بعض العيوب الشائعة فى المطروقات .
٤ — كيف يمكن تجنب العيوب المختفية فى الأجزاء التى يتم صنعها .
٥ — ما هي الخطوة الأولى فى إنتاج مطروقات عالية الجودة ؟
٦ — ناقش أهمية اختبار الخامات المناسبة لمنتجات الحدادة .
٧ — ما هى الخواص الهامة التى يجب أن تتصف بها المواد المستعمله فى الحدادة ؟
٨ — صف عملية فحص أسطح الأجزاء المطروقة .
٩ — صف وسيلة اختبار مطروقات الصلب بالتطهير بحامض ساخن .
١٠ — كيف يستخدم المجهر (الميكروسكوب) فى فحص المطروقات ؟
١١ — اذكر أسماء بعض وسائل الاختبار غير الانهيارى المستعملة فى فحص المطروقات .
١٢ — صف طريقة الاختبار المغناطيسى (المجنافلاكسى) المستعملة فى الكشف عن عيوب منتجات الحدادة .
١٣ — ما هى الشروط التى يجب أن تتوافر للتأكد من جودة المطروقات ؟
١٤ — اذكر أسماء بعض الوسائل المستعملة لتمييز أنواع الصلب ؟
١٥ — اشرح بإيجاز اختبار الشرر المستعمل لتعيين أنواع الصلب المستعملة .
١٦ — صف المكسر المستعمل بإيجاز فى اختبارات الصلب .
١٧ — ما هى مميزات اختبارى الشرر والمكسر ؟

الباب الثالث عشر

قوالب الحدادة وآلاتها

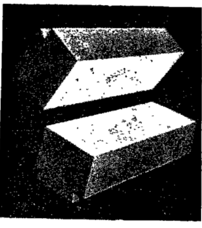
أهمية تصميم قوالب الحدادة وآلاتها بطريقة صحيحة

لقوالب وآلات الحدادة دور هام فى تنفيذ مختلف عمليات الحدادة ، تنفيذاً سليما . ولا تعتبر الحدادة طريقة عادية من طرق تشغيل المعادن على الساخن ، لإنتاج الكتل والقضبان والأشكال الأخرى البسيطة فحسب ، بل هي أيضاً وسيلة تشغيل يشكل المعدن بوساطتها بأشكال محددة الأبعاد ، بالضغط تبعاً لمواصفات وأبعاد مضبوطة .

ويؤثر فى البنية ، الضغط المستمر بين الدرافيل والمعدن المار بينهما فى أثناء عمليات إنتاج كتل الصلب والقضبان ، مثل عمليات السحب بتصغير حبيبات المعدن وتطوير بنيته فى اتجاه الدرفلة . وتمثل عملية تشغيل المعدن على الساخن عند إنتاج المطروقات فى قوالب بعمليتين : عملية طرق ، وعملية تداخل ، فلا تتشكل الكتلة أو القضيب فحسب ، إنما يوالى كذلك تصغير حبيباته . وينتج عن ذلك بنية كثيفة متينة فى جميع أنحاء الجزء المشكل . وتتحول كتل المعدن ، وخاصة كتل الصلب إلى أجزاء هامة فى مختلف الآليات ، مثل السيارات والطائرات والقاطرات ، وغير ذلك من الآليات الأخرى ، التى لها استعمالات مختلفة .

وتُنفَّذ جميع عمليات الحدادة على الساخن ، كما ذكر من قبل باستعمال قوالب بسيطة (مسطحة) أو قوالب تشكيل من النوع المقفول . ويبين (شكل ١) قوالب مسطحة تستعمل فى الحدادة البسيطة (اليدوية) ، وليس فى هذه القوالب فجوات لتشكيل المعدن الساخن العجينى إلى الشكل والأبعاد المضبوطة الدقيقة ،

المطلوبة فى كل الأحوال ، ولكنها تطور المعدن قليلا إلى ناحية الجودة وينساب المعـــدن فى الاتجاهات الجـــانبية ، تحت تأثير الضغط بين جزئى القالب ، ويشكل المعدن بتحريكه ليتلقى طرقات المطرقة المتوالية .



(شكل ١) قوالب بسيطة أو مسطحة

وتستخدم قوالب التشكيل من النوع المقفل لتشكيل المعدن بالضغط إلى الشكل والأبعاد المطلوبة ، ولهذه القوالب تجوات مُشكَّلة على سطوحها ، كالمبينة فى البابين الخامس والسادس . وتتحكم وسيلة الحدادة هذه كذلك ، فى اتجاه وكثافة انسياب ألياف بنية المعدن ، ويظهر تحسن ملحوظ فى خواص المعدن وجودته تناسب حالات معينة من حالات الاستخدام . وتنتج مطروقات فى قوالب التشكيل من النوع المقفل مختلفة الشكل والحجم ، تتراوح فى وزنها فيما بين أوقيـــات قليلة إلى مئات من الأرطال . وقد تُستخدم القوالب المسطحة المستعملة فى الحدادة (اليدوية) فيما تستعمل فيه قوالب التشكيل من النوع المقفل . ويمكن استخدام القوالب المسطحة فى إنتاج مطروقات تتراوح فى الوزن فيما بين رطل واحد وأكثر من (٢٠٠ طن) . واستعمال قوالب تشكيل من النوع المقفل وغير ذلك من آلات الحدادة المصممة تصميما سليما ، عامل من العوامل الهامة فى تطوير جودة المعدن وفى تشكيل الجزء المطلوب تشكيلا مضبوطا دقيقا ، وذلك فى أثناء عمليات الحدادة المتتابعة .

خطوات صنع قوالب التشكيل من النوع المقفل

يجب تصميم قوالب التشكيل من النوع المقفل ، لغرض تشكيل الجزء ، وفى نفس الوقت لتطوير بنية المعدن وذلك لتقويته إلى أقصى الحدود ، حتى يُعتمد

عليه أثناء الاستخدام . وتتطلب هاتان الغايتان من المصمم أن ينظم الفراغات بحيث يتشكل المعدن إلى الشكل الهندسى المطلوب ، وتحدد بنية الصلب المتليفة ، وتساعد على تصغير حبيبات البنية . وتتصمم فراغات القوالب تصميما سليما بحيث تتحدد مساوات خطوط انسياب بنية المعدن وكثافة حبيباتها ليكسبه أقصى مقاومة عند المواضع التى تتعرض لأعلى الإجهادات . ويتحقق تطوير هذه العوامل المقوية عادة ، فى أثناء أداء خطوات الحدادة الأولى ، وذلك عند تحديد الأطراف فى أثناء الحصر والضبط ، إلى أن ينتهى الجزء المشكل إلى الشكل النهائى دون كسر فى استمرارية البنية المتليفة .

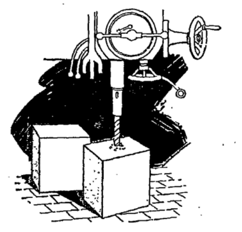
ويُمكن الاكتفاء بمجموعة واحدة من القوالب لعمليات الحدادة الإبتدائية ، ولعمليات التشطيب ، كما ذكر فى البابين الخامس والسادس ، وذلك فى إنتاج الأجزاء الصغيرة والمتوسطة الحجم . بينما تلزم عدة أطقم من القوالب وأكثر من أداة واحدة من المعدات ، لانهاء عمليات الحدادة الابتدائية وعمليات التشطيب فى حالة الأجزاء الكبيرة أو المعقدة . ويمكن تشكيل المطروقات الكبيرة أو غير المنتظمة تشكيلا ابتدائيا بوسائل الحدادة (اليدوية) ، وتترك خطوات الضبط والتشطيب النهائية لإجرائها فى قوالب تشكيل من النوع المقفول . وتشكل الفراغات فى كتل القوالب المصنوعة من صلب خاص سبق معاملته حراريا . وذلك بعد الانتهاء من تصميم القالب . وتطلب صناعة قوالب التشكيل من النوع المقفول ، معرفة تامة لسلوك المعادن فى أثناء تشغيلها على الساخن فى الحالة اللدنة أو العجينية ودراية فنية عن طريق الخبرة .

وتوضح الأشكال الآتية الخطوات الرئيسية لصنع مجموعة من قوالب التشكيل من النوع المقفل لحدادة ذراع توصيل من الصلب بالحدادة المتساقطة ، ويلزم إعداد قوالب التشكيل من النوع المقفل للحدادة ، بمكنات التشغيل والحدادة بالضغط إلى نفس هذه الخطوات تقريبا .

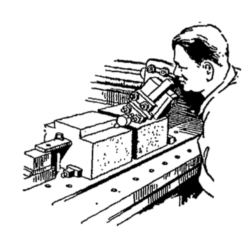
ويمكن تشكيل المطروقات بتفاوت صغير يقلل من مقدار عمليات التشغيل

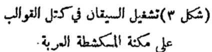
بالمكنات التى تتلو الحدادة ، ومن تكاليف التشطيب وذلك بوساطة ضبط فراغات كتل القوالب ، التى تحدد حجم المطروقات وشكلها الخارجى . وتورد كتل القوالب الخام من صانعى كتل القوالب المتخصصين فى هذا الميدان إلى مخازن كتل القوالب الملحقة بمصنع الحدادة . وتصنع كتل القوالب عادة من صلب سبائكى عالى الجودة ، وتتراوح أوزانها فيما بين عدد قليل من الأرطال إلى عدة أطنان . وتخزن كتل القوالب فى المخزن ، بطريقة يمكن معها استخدام المرفاعات الميكانيكية العالية ، لنقلها إلى قسم العدد ، حيث تحفر فراغات القوالب وتشكل بوساطة عمال مهرة ، وتستخدم لذلك كثير من المكنات والعمليات اليدوية فى هذا العمل .

وأول عملية تشغيل بالمكنات تجرى على كتل القوالب ، وهى ثقب ثقبين فى جانبين متقابلين لتركيب مقابض مناسبة ، لتسهيل وتيسير حمل ونقل هذه الكتل الثقيلة من مكان لآخر . ويبين (شكل ٢) عملية ثقب الثقوب فى كتل القوالب .



(شكل ٢)
ثقب ثقوب فى كتل القوالب لتثبيت المقابض

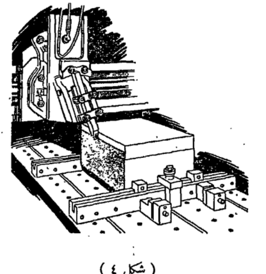




(شكل ٣) تشغيل السيقان في كتل القوالب
على مكنة المكشطة العربة.

وخطوة التشغيل الثانية ، هى تشغيل السيقان فى كتل القوالب الخام على مكنة المكشطة العربة ، وذلك استعداداً لتثبيتها فى مكنة الحدادة . ويتوقف أبعاد الساق على الأبعاد القياسية المستعملة فى ورشة الحدادة المعينة ، التى تتناسب ومكنة الحدادة المطلوبة . ويبين (شكل ٣) هذه العملية . وتجرى عملية أخرى على كتل

القوالب بعد تشغيل السيقان هذه ،بنفس مكنة المكشطة ، وهذه العملية هى عملية تسوية سطح كتلة القالب المقابل للساق ،لإنتاج سطح نظيف مستوى ، استعدادا لحفر الفراغات والتشكيلات التى بالقالب . وتلى هذه العملية عملية كشط جانبين فى كل كتلة من كتل القالب فى الاتجاه الداخلى من جانب الكتلة أسفل سطحها ، بحيث يكون زاوية قائمة بينهما ، زاوية قائمة بين كل منهما وسطح الكتلة . ويمكن ربط قياس جميع الأطوال عند حفر الفراغات من هذين الجانبين والسطح المكشوط ، كما فى (شكل ٤) ، كما أن لهذين الجانبين المكشوطين غرضا هاما آخر ، إذ يضبط بهما محورا القالبين عند تثبيتهما فى مطرقة الحدادة .



(شكل ٤)
تشغيل سطح كتلة القالب على مكنة المكشطة العربة

حفر فراغات التشطيب

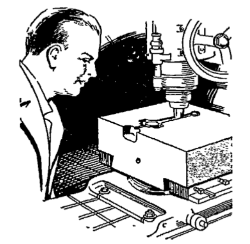
يوضع محدد قياس يحيط بفراغ التشطيب على سطح كتلة القالب المشغل بالمكشطة ، فإذا لم يوجد محدد قياس لهذا الغرض ، يؤخذ محيط الفراغ من رسم المطروق أو رسم القالب ويوضع لون مناسب على سطح قالب التشكيل ، لإظهار علامات محيط المطروق ، وذلك بصبغ سطح كتلة القالب بمحلول كبريتات النحاس



(شكل ٥) رسم محيط فراغ التشطيب على سطح كتلة القالب

أو بأى محلول آخر مناسب . ويوقع مكان فراغ التشطيب فى كل قالب عادة ، بحيث يقع مركز ثقل المنتج المطروق فى وسط الرأس الساقط الهندسى ، أى فى منتصف المسافة بين جانبى الرأس الساقط وواجهته وخلفه . ويبين (شكل ٥) هذه العملية .

ويبين (شكل ٦) عملية حفر فراغ التشطيب على سطح كتلة قالب . وتستخدم لذلك أحدث وأدق أنواع مكنات التشغيل المصممة خصيصاً لهذا الغرض . ولتشغيل فراغ التشطيب بدقة أهمية كبرى ، إذ أنها تشكل المنتج المطروق بالعرض وبالعمق والسمك النهائى المضبوط . وتحفر المكنات الحديثة فراغات التشطيب بدقة يصل تفاوتها إلى أجزاء قليلة من ألف من البوصة . وتختلف وسائل حفر فراغات التشطيب ، باختلاف درجة تعقيد تصميم المطروق .



(شكل ٦)
حفر فراغات التشطيب على سطح كتل القوالب

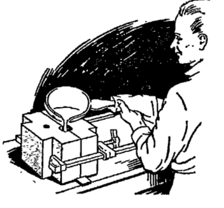


(شكل ٧) عمليات كشط وبرد وتجليخ وتلميع فراغات التشطيب

وتلى عملية التشغيل بالمكنات عمليات يدوية على (التازجة) ، مثل كشط وبرد وتجليخ وتلميع فراغات القالب وتشكيلاته . ويبين (شكل ٧) عمليات تشغيل فراغ التشطيب يدويا . ويجب التأكد من دقة جميع أبعاد فراغات التشطيب ، كما يجب تحضينها وتلميعها لإزالة جميـــع آثار التشغيل بالآلات واحدة القطع ، حتى يمكن للمعدن الانسياب فى فراغات القالب . بأقل مقاومة ، وتنتج الفراغات المحفورة بهذه الطريقة مطروقات بتفاوت قليل وبأقل كمية من التآكل الاحتكاكى .

تحضير مصبوبات الرصاص

يثبت القالبان العلوى والسفلى معاً ، بحيث تنطبق محاورهما بعد الانتهاء من عمليات تشكيل فراغات التشطيب. وذلك باستخدام الجوانب المتعامدة دليلين . ويصب معدن منصهر مثل الرصاص ، أو أى مركب آخر فى فراغات القالب ، عن طريق مصب مشغل بالمكنات ، فى كل من كتلتى القالبين ، يمتد من جانبهما الخارجى إلى فراغ التشطيب. ويسبك بهذه الوسيلة مصبوب من الرصاص يكوّن نموذجا لشكل فراغات القوالب. ويطابق النموذج هذا . شكل المطروق بعد تشكيله فى جميع فراغات القالب . ويبين (شكل ٨) عملية صب الرصاص فى فراغ التشطيب .

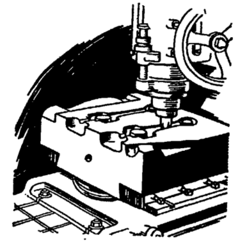

(شكل ٨) صب الرصاص في فراغ التشطيب

يراجع صانع القوالب أو المهندس المسئول عن جودة المنتج المطروق ، أبعاد مصبوب الرصاص ، للتحقق من دقته. كما يمكن أن يقوم كل من منتجى أو مستعملى المطروقات ، بفحص مصبوب الرصاص قبل الموافقة النهائية على الإنتاج. وإذا وجدت بعض الأخطاء فى الأبعاد ، تشغل فراغات أبعاد التشطيب ، حتى تطابق المواصفات الموضوعة للمطروقات من حيث الشكل . ويُستخدم النموذج المصبوب هذا ، لتقدير وزن المطروق ، وذلك بضرب مقدار وزن النموذج المصبوب من الرصاص ، فى معامل يتوقف على نوع المعدن الذى يشكله القالب بالحدادة .

حفر الفراغات المبدئية

يبدأ فى حفر الفراغات الأخرى غير فراغات التشطيب ، بعد التأكد من مطابقة مصبوب الرصاص للمواصفات الموضوعة ، وبعد استخراج شهادة بذلك . وهذه

الشهادةدليل على أنحفر فراغات التشطيب تم حسب المطلوب. ثم تحفر هذهالفراغات الأخرى فى القوالب العديدة ، التى تلزم لإجراء عمليات تشكيل المعدن على الساخن المتوالية ، مثل عمليات الحصر وتحديد الأطراف والضبط . وهى المراحل التى يمر عليها المعدن ويبدأ فى حالته الأولى وهو على شكل قضيب أو كتلة ، ثم عمليات الحدادة المتتابعة حتى يصبح المطروق معدا لانتهاء تشكيله فى فراغات التشطيب . ويتوقف عدد الفراغات المهيئة التى تحفر فى كتل القوالب ، على نوع المطروق . ويمكن حفر ، الفراغات المبدئية فى كتلة قالب آخر غير التى بها فراغات التشطيب ، وخاصة عندما تلزم مجموعتان أو أكثر من كتل القوالب لتشكيل المطروق . ويبين (شكل ٩) عملية حفر فراغات كتل القوالب للتشغيل المبدئى .

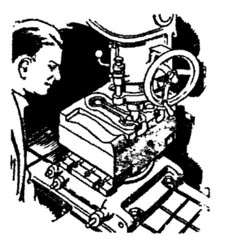


(شكل ٩) حفر الفراغات المبدئية فى كتل القوالب

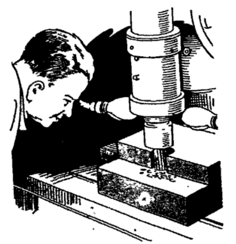
وتتوقف كمية تشغيل كتل القوالب على المسكنات ، بعد الحصول على النموذج المصبوب من الرصاص ، على عدد العمليات المبدئية ، اللازمة لتشكيل المطروق . ويختلف عدد العمليات تبعاً لدرجة تعقيد شكل المطروق . ويتوقف ترتيب تتابع عمليات الحدادة المبدئية على شكل وحجم المنتج ، وعلى الطرق الفنية المتبعة فى ورشة الحدادة المعينة .

ويحتمل أن يبقى بعض المعدن زائدا عن المطلوب لملء فراغات التشطيب ، بعد تشكيل المطروق فى هذه الفراغات . وقد يبدأ هذا المعدن الزائد أو الزعانف فى الظهور ، فى عملية الضبط ، إلا أن معظمه يتكون فى أثناء عملية التشطيب ، عندما تستخدم كل قوة المطرقة فى ضرب الطرقة . ويلزم حفر مجرى حول محيط

فراغ التشطيب ، ليخرج إليها المعدن الزائد . وتنتهى عمليات تشغيل قوالب الحدادة بالمكنات ، بانتهاء حفر هذا المجرى . وتحسب أبعاد هذا المجرى بحيث يترك فراغ يكفى للزعانف ، التى تُقطع عند تهذيب الأطراف بوساطة قوالب تهذيب خاصة تثبت فى مكبس ميكانيكى . ويبين (شكل ١٠) عملية حفر مجرى الزعانف حول فراغات التشطيب فى القالب .


(شكل ١٠) حفر مجرى الزعانف حول فراغات التشطيب

وتعاد القوالب بعد تشغيلها بالمكنات إلى (التازجة) ، ويجرى عليها صانع القوالب عمليات يدوية إضافية ، مثل التجليخ أو التلميع لتشطيبها النهائى . كما يفحص جميع أوجه الفراغات المحفورة بعناية ، للتأكد من جودة سطوحها وخلوها من أى أجزاء غير مسطحة ، تعطل انسياب المعدن العجينى (اللدن) تحت الضغط ، أو تؤخر انسياب جميع أجزاء المعدن وهو ساخن ، لأن هذا


(شكل ١١)
تجليخ وتلميع نهائى لفراغات القوالب


(شكل ١٢)
تفرز ثقوب التحديد فى سيقان القوالب

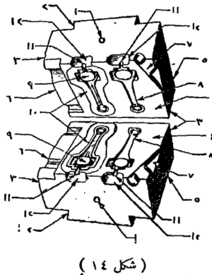
الانسياب يزيد من جودة المنتج إلى أقصى الحدود . ويبين (شكل ١١) إجراء هذه العمليات النهائية على (التازجة) .

ويبين (شكل ١٢) عملية ثقب ثقوب فى الساق فى كل كتل القوالب ، لتسهيل تحديد وضع القوالب فى مطرقة الحدادة . وبهذا تنتهى آخر عملية تشغيل تجرى على القوالب . ويمكن ثقب ثقوب التحديد هذه فى غالب الأحوال ، فى مرحلة سابقة بعد تشغيل أسطح القوالب بالمكنات .

ويجرى فحص نهائى لإتمام العمليات المتتابعة قبل تثبيت القوالب فى مكبس الحدادة . وتفحص فراغات التشكيل المبدئية بدقة للتأكد من جودة تشغيل المعدن على الساخن فى هذه المراحل . ويضمن إجراء عملية التشغيل على الساخن بطريقة صحيحة تطوير جودة المعدن ، وهذه الجودة ، تؤثر طبعا فى كفاية استعمال المنتج المطروق . ولا يلزم إجراء أى معاملات حرارية أخرى على القوالب ، إذ أن كتل القوالب الخام التى ترسل إلى ورشة حفر القوالب تكون قد سبق وأجريت عليها المعاملات الحرارية اللازمة . ويبين (شكل ١٣) عملية فحص كتل القوالب النهائى بعد إتمام صنعها .



(شكل ١٣)
فحص نهائى على القوالب



(شكل ١٤)
مجموعة كتل قوالب لحدادة أذرع التوصيل

ويبين (شكل ١٤) مجموعة من القوالب المستعملة لتشكيل ذراع توصيل . وتتلخص عناصر مجموعة القوالب فيما يلى :

١ — ثقوب المقابض .

٢ — السيقان .

٣ — الجوانب المتعامدة التى تقاس منها جميع الأبعاد اللازمة لحفر الفراغات على سطح كتل القوالب .

٤ — أسطح كتل القوالب .

٥ — ثقوب التحديد (المختفية والمتعامدة على السيقان) .

٦ — فراغ تحديد الأطراف .

٧ — فراغ الحصر .

٨ — فراغ الضبط .

٩ — فراغ التشطيب .

١٠— مجرى الزعانف .

١١— المصب .

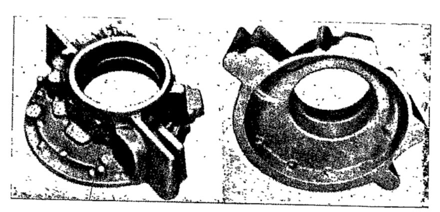
١٢— منخفض لإمساك المعدن بالملقط ويمكن استخدام مثل هذه المجموعة من كتل القوالب لإنتاج الآلاف من أذرع التوصيل بالحدادة بنفس الحجم والشكل وبجودة وانتظام فى بنية المعدن .

وتثبت القوالب بعد انتهاء صنعها فى مطرقة متساقطة باللوح ، أو بالبخار ، بحيث يكون محور القالب العلوى على استقامة — القالب الأسفل تماما . وهذا هام جدا لتخفيض التآكل الاحتكاكى والإجهادات فى القوالب — والمطارق ، إلى الحد الأدنى فى أثناء عمليات الحدادة .

قوالب تشكيل من النوع المفتوح لمطروقات المعادن غير الحديدية

تشغل مطروقات المعادن غير الحديدية مثل النحاس الأحمر وسبائكه المختلفة ، كالنحاس الأصفر والبرنز ، وكذلك سبائك المعادن الخفيفة من الألومنيوم

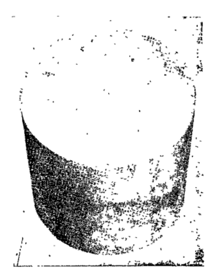
والمغنسيوم ، فى قوالب تشكيل من النوع المقفل ، بالحدادة المتساقطة ، وكذلك بالحدادة بالمكنات ، والحدادة بالمكابس . وتلزم لحدادة هذه المعادن المختلفة درجات حرارة مختلفة كما تختلف أساليب حدادة هـــذه المعادن والسبائك قليلا عن أساليب حدادة مطروقات الصلب . وتشبه خواص بنية مطروقات المعادن غير الحديدية ، التى شكلت بقوالب التشكيل من النوع المقفل ، خواص مطروقات الصلب . وتبين الأشكال الآتية بعض قوالب التشكيل من النوع المقفل ، التى تستعمل فى حدادة جزء من محرك طائرة من سبائك الأليومنيوم . ويصنع عدد كبير من أجزاء الطائرات من سبائك الأليومنيوم ، التى تمتاز بالمتانة وخفة الوزن ، بأساليب الحدادة . ويبين (شكل ١٥) منظرين لمطروق منتهٍ من الأليومنيوم ، وهو عبارة عن جزء من محرك طائرة .



(شكل ١٥) منظران لجزء منتهٍ من محرك طائرة مصنوع من الأليومنيوم بالحدادة

وفيما يلى وصف موجز لعمليات الحدادة المتتالية اللازمة لصنع هذا الجزء الذى يحتاج إلى قوالب من نوع خاص . وأبعاد الجزء المنتهى حوالى (١٤ ١/٤ بوصة) قطرا و (٥ ١/٢ بوصة) ارتفاعا .

وتلزم لحدادة هذا الجزء ثلاث مجموعات منفصلة من قوالب التشكيل من النوع المقفل ، تثبت فى مطرقة متساقطة . فتقطع الخامة اللازمة لصنع هذه القطعة من الأليومنيوم ، بطول يكفى لقطعة واحدة ، كما هو مبين فى (شكل ١٦) . تسخن الخامة أولا إلى درجة حرارة الحدادة ، ثم تكبس وتسطح بوساطة قوالب مسطحة .

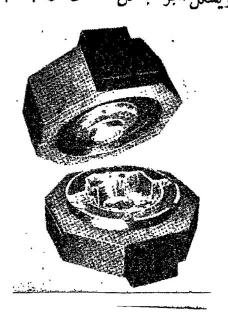


(شكل ١٦)
قطعة الخامة من الألومنيوم لحدادة جزء المحرك

(شكل ١٧)
قوالب الضبط الابتدائى المستعملة فى حدادة جزء من محرك مصنوع من الألومنيوم

ثم يُشكل المعدن ويوزع مبدئيا فى قوالب ضبط ابتدائى ، كالمبينة فى (شكل ١٧) ، ويشكل الجزء بشكل محدد فى قوالب ضبط ثابتة ، كالمبينة فى (شكل ١٨)، وينتهى



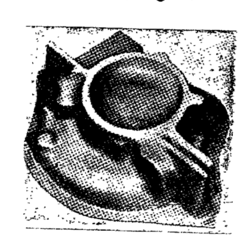


(شكل ١٨) قوالب الضبط الثانية المستعملة فى حدادة جزء من محرك مصنوع من الألومنيوم

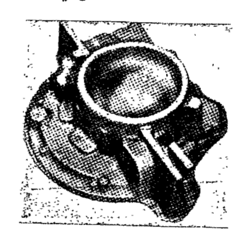
(شكل ١٩) قوالب التشطيب المستعملة فى حدادة جزء من محرك ، مصنوع من الألومنيوم

تشكيل القطعة فى قوالب تشطيب كالمبينة فى (شكل ١٩) .

وتُنتج عملية الضبط الأولى شكلا خارجيا تقريباً كالمبين فى (شكل ٢٠) . ثم يوزع المعدن بانتظام لملء الأجزاء الدقيقة التى فى فراغ القالب فى عمليات التشكيل التاليـــة . وتساعد الدورانات والمنحنيات الكبيرة التى فى تجوات القالب ، على انسياب المعدن انسيابا مستمرا فى هذه المرحلة ، وبذلك لاينقطع استمرار خطوط انسياب بنية المعدن فى الشكل المنتهى . وتشغل القطعة إلى شكلها النهائى المبين فى (شكل ٢١) عند ضغطها فى قوالب الضبط الثانية ، إذ تشكل فيها السرر



(شكل ٢٠) نتائج عملية الضبط الابتدائى



(شكل ٢١) نتائج عملية الضبط الثانية

والنتوءات المختلفة . ويكتمل تكوين البنية واتجاه أليافها فى هذه المرحلة . وبالرجوع إلى (شكل ١٥) يرى المطروق المشطب بعد إزالة الزعانف ، وثقب الثقب الكبير فى أثناء عملية تهذيب الأطراف . ويحدد الطرق على قوالب التشطيب النهائى ، الشكل المنتهى بأقل ما يمكن من تفاوت .

قوالب التشكيل وغيرها من الآلات والعدد المستعملة فى الحدادة بالمكنات أو الحدادة بالكبس

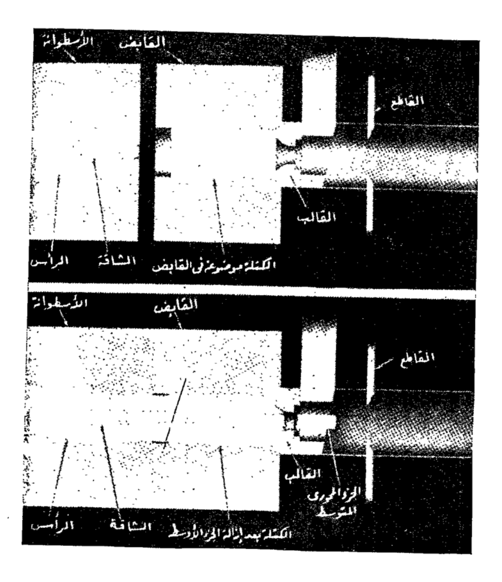
سبق أن وضحنا فى (شكلى ٦و٧) من الباب الثامن قوالب التشكيل بالحدادة ، والآلات المستعملة فى مكنات الحدادة أو فى الحدادة بالكبس . وصممت هـــذه

العدد والآلات لتشكيل ترس فى مكنات الحدادة . ومن الواضح أنه تلزم لهذا النوع من الحدادة ، معرفة شاملة وخبرة باستعمال قوالب التشكيل وآلاتها ، عند رسم خطة تتابع عمليات التشكيل . فيستخدم فى صنع هذا الترس قضيب مسخن من الصلب ، ويكبس كى يزيد قطره ، ويقصر طوله الأصلى ، ليناسب جرم وشكل المطروق المطلوب .

ويمكن تصميم قوالب التشكيل وآلات الحدادة المستعملة فى الحدادة بالكبس لإجراء عمليات أخرى تختلف عن عمليات تكوين السرر والرؤوس العادية ، فيمكن استخدام قالب تشكيل يتحرك فى اتجاه مستعرض ، كما يمكن استخدام آلة الرأس فى الاتجاه الطولى فى الضغط على المطروق فى الاتجاهين فى آن واحد أو بالتتابع . كما يمكن استخدام حركة القالب ، علاوة على الربط ، فى عمليات اللف والثنى والقطع والتخريم وتهذيب الأطراف ، كما يمكن استخدام آلات الرأس المستعملة فى الكبس ، فى عمليات التخريم والبثق والشق وتهذيب الأطراف والثنى والتشكيل الداخلى ، وغير ذلك من العمليات الأخرى ، اللازمة لتشكيل القطعة طبقا للمواصفات .

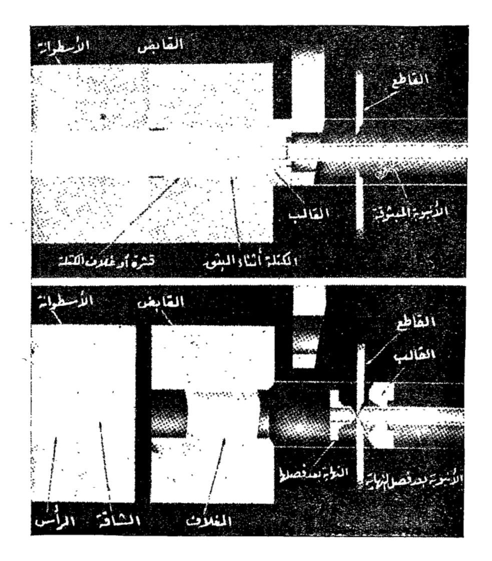
قوالب التشكيل والآلات المستعملة فى الحدادة بالكبس السريع

توضح (أشكال ١٠ و ١١ و ١٦) من الباب السابع القوالب والآلات المستعملة فى هذا النوع من الحدادة ، كما توضح كذلك بعض المنتجات المطروقة بهذه الطريقة . وتستعمل فى ذلك المكابس الميكانيكية والهيدرولية . إلا أن المكابس الميكانيكية أكثرها استعمالا . وتستخدم طريقة الحدادة (بالكبس السريع) ، ضغوط عصر سريعة ، وذلك فى إنتاج مطروقات من الصلب والأليومنيوم والنحاس الأحمر والنحاس الأصفر والمغنسيوم وغيرها من السبائك المماثلة . وتصمم قوالب تشكيل من النوع المقفل ، لأداء التشكيل فى خطوات حدادة منتجات بأطوال دقيقة وأشكال خارجية مضبوطة . وتنسق عمليات الحدادة من حيث تتابعها ، وفقاً للخبرة العملية والمعرفة الشاملة لمختلف عمليات الحدادة ، واستعمال



(شكل ٢٢) بثق الأنابيب

(أ) الشكل العلوى (ب) الشكل الأسفل



تابع (شكل ٢٢) بثق الأنابيب

(حـ) الشكل العلوى (ء) الشكل الأسفل

آلاتها ومعداتها لصنع مطروقات تطابق المواصفات . وتخرج المطروقات مضبوطة ، ولا يلزم لها إلا أقل ما يمكن من عمليات التشغيل على المكنات ، وغير ذلك من عمليات التشطيب ، إذا صممت قوالب التشكيل وآلاته تصميما جيدا مما يحقق خفضا فى تكاليف الإنتاج واقتصادا فى المواد .

الآلات المستعملة فى بثق الأنابيب غير الحديدية

تقوم شركة « ريفير » للنحاس الأحمر والنحاس الأصفر بنيويورك ، ببثق أنابيب المكثفات من سبائك مناسبة ، أساسها النحاس الأحمر بالطريقة الآتية :

تستعمل مصبوبات إسطوانية مسمطة فى الحدادة بهذه الطريقة ، بدلا من المصبوبات الأنبوبية . لأن عيوب السباكة فى الأولى ، تقل عنها فى الثانية . وتقطع هذه المصبوبات الإسطوانية المسمطة إلى أطوال قصيرة، طول كل منها (١٠" بوصات) تقريبا ، وقطرها حوالى (٧" بوصات) . وتفحص كل الأسطح المقطوعة بدقة بعد القطع بالمنشار ، وقبل إجراء عملية البثق ، للتأكد من خلوها من أى أخطاء أو عيوب فى سبائكها ، مثل فجوات أو مسام أو غير ذلك من عيوب . ويلاحظ أن عيوب السباكة هذه ، إن وجدت ، تتجمع فى وسط القطعة الإسطوانية حول محورها . لذلك يُزال هذا الجزء الداخلى ، الذى يحيط بالمحور على طول الإسطوانة المسمطة فى أول عملية من عمليات البثق ، وبذلك يزال بما فيه من عيوب داخلية دقيقة ، قد لاتظهر بفحص المقطع بالعين المجردة . ويُستخدم مكبس هيدرولى ضغطه (١٦٥٠ طنا) لبثق الأنبوبة من هذه الخامة ، وبذلك تتبقى بعد عملية البثق قشرة إسطوانية تحتوى على جميع عيوب السطح ، التى قد تقع تحت السطح أو التى يحتمل وجودها فى المصبوب الأصلى .

ويبين (شكل ٢٢) (صفحة ٢٨٢ وصفحة ٢٨٣) الخطوات المختلفة المتبعة فى بثق أنبوبة ، وكذلك الآلات اللازمة لإتمام العملية كما يجب . ويبين (١)

وضع الكتلة داخل القابض الذى يقبض على الخامة . ويبين (ب) طريقة تثبيت الخامة فى مكانها بوساطة رأس المطرقة ؛ بينما تبثق الشاقة بضغط الجزء المحورى المتوسط من الخامة ، الذى يحتوى على عيوب السباكة . ويبين (جـ) رأس المطرقة وهى تضغط على المعدن الذى ينساب بين الشاقة والقالب ، بينما لا ينضغط سطح الكتلة الخشن ويبقى فى مكانه . ويبين (د) الجزء المبثوق المنتهى . ثم يقطع طرف الكتلة وتفصل الأنبوبة المبثوقة .

أسئلة للمراجعة

١ — بين أهمية تصميم قوالب الحدادة وآلاتها .

٢ — وضح بإيجاز خطوات العمل عند صنع قوالب تشكيل من النوع المقفل .

٣ — اذكر أنواع الصلب المستعملة فى صنع قوالب التشكيل من النوع المقفل .

٤ — صف بإيجاز عمليات التشكيل المبدئية بالمكنات ، التى تجرى عند صنع القوالب (مثل ثقب ثقوب المقابض وكشط السيقان وكشط الأسطح وكشط الحوافى المتعامدة) .

٥ — صف عملية حفر وتشطيب فراغات قوالب التشكيل من النوع المقفل .

٦ — وضح عملية تحضير النموذج المصبوب من الرصاص .

٧ — صف خطوات العمل للتأكد من صحة نموذج الرصاص والغرض من هذه العملية .

٨ — اذكر أثر النموذج المصبوب من الرصاص فى حفر الفراغات المبدئية فى كتل القوالب .

٩ — ما كمية التشغيل الإضافى بالمكنات ، اللازم بعد صنع نموذج مضبوط مصبوب من الرصاص .

١٠ — ما هى عمليات التشطيب التى تجرى بعد تشغيل القوالب بالمكنات ؟

١١ — إلى أى مدى يكون الفحص النهائى قبل تثبيت القوالب فى المكبس ؟

١٢ — اذكر عناصر كتلة القوالب المبينة فى (شكل ١٤) من هذا الباب ؟

١٣ — تكلم عن استعمال قوالب التشكيل من النوع المقفل فى إنتاج المطروقات غير الحديدية ؟

١٤ -- تكلم عن استعمال القوالب والآلات فى الحدادة بالمكنات أو للحدادة بالكبس .

١٥ — صف القوالب والآلات المستعملة فى حدادة الكبس السريع .

١٦ — صف الآلات المستعملة فى بثق الأنابيب غير الحديدية .

١٧ — صف عمليات بثق الأنابيب غير الحديدية .

١٨ — صف تتابع عمليات البثق ، وكذلك الآلات اللازمة لبثق الأنابيب المبينة فى (شكل ٢٢) من هذا الباب .

الباب الرابع عشر

تصميم منتجات الحدادة

ما يؤخذ فى الاعتبار عند تصميم المطروقات والقوالب

يتقيد كل من المصمم والمنتج بشروط معينة محددة ، ليتمكنا من الحصول على أقصى قيمة من المنتجات المطروقة . وبطبيعة الحال ، يُعين ويُحدد شكل وحجم الخامة الأساسى ، بنفس الطريقة المستعملة فى تعيين أى جزء آخر . كما تتحدد المواصفات ، من طبيعة الوحدة أو المجمّع الذى يركب فيه الجزء المطروق بعد انتهائه . وكذلك ما يتطلبه الاستعمال من مقاومات ومطاوعات . وأخيرا يجب على المهندس المصمم ، اعتبار أقصى مقاومات المعدن المطروق ، ليستفيد منها إلى أقصى حد ، وذلك عند اختيار أسلوب الحدادة ، لإنتاج الجزء بالشكل والحجم المطلوبين . كما يجب عليه اختيار أسهل الطرق والأساليب ، حتى يمكن تشغيل الجزء وإنهاؤه بسهولة ، وفقا للتصميم الموضوع .

ويلزم أن يكون المصمم ملما بالعوامل الأساسية التى تؤثر فى عمليات الحدادة ، للإفادة من خواص المطروق الجيدة ، فى وضع تصميمه من الناحية الميكانيكية . كما يجب على المصمم أو مهندس الحدادة أن يستخدم خبرته ومعلوماته فى المراحل الأولى من التصميم ، وكذلك خلال جميع عمليات الإنتاج ، حتى يخرج الجزء مشطبا منتهيا . ويمكن الإفادة إلى أقصى حد من خواص المعدن الفيزيائية ، باستخدام معلومات المصممين والمهندسين المتخصصين فى التصميم والإنتاج . ويمكن تحقيق هذا دون إهمال الناحية الاقتصادية ، من حيث تكاليف عمليات الحدادة ، وكذلك

تكاليف العمليات التالية ، مثل عمليات التشغيل بالمكنات ، والمعاملة الحرارية ، وأزواج الأجزاء وتركيبها فى مجمعاتها .

وتصنع المطروقات بمختلف الأحجام والأشكال ، كما ذكر فى الأبواب السابقه . وتستخدم القوالب لإنتاج أعداد كبيرة من المطروقات . وتشغل هذه القوالب من الصلب السبائكى ، فتشكل فيها الفراغات والتشكيلات اللازمة ، ويقسم مصممو القوالب فى العادة هذه الفراغات بالتساوى تقريبا بين جزئى القالب الأعلى والأسفل فى مستوى واحد ، وذلك لتسهيل قطع الزعانف . وقد لا يتيسر وضع الحد الفاصل فى مستوى واحد ، لضرورة تسهيل توزيع المعدن ، وتوجيه الإنسياب لتكوين ألياف البنية إنسيابيا فيكون الحد الفاصل بين جزئى القالب الأعلى والأسفل فى التصميات والأشكال الصعبة فى مستويين أو أكثر ، مع مراعاة اشتراطات التصميم التى يجب توافرها فى قوالب التشكيل بالحدادة ، ويسمى هذا النوع من القوالب (القوالب المتداخلة) ، ويلزمها عمليات حفر معقدة ، لأنه يجب فى هذه الحالة أن يقع الحد الفاصل فى أكثر من مستوى واحد لتشكيل الجزء عن طريق عجينة المعدن ، بحيث ينساب ويكون بنية بألياف انسيابية فى المطروق المشطب . ويُشطب القالب وتضبط فراغات التشكيل فيه بعمليات ضبط وكشط يدوية .

مدى الدقة (مقادير التفاوت والتسامح) فى تصميمات الحدادة

يجب أن يكون فى المطروق استدقاق فى اتجاه السحب (سلبية) ، حتى يسهل إخراجه من فراغات قالب التشطيب . ولقد وجد بالخبرة العلمية (أن ٧° درجات) تكفى للاستدقاق (سلبية) فى السطوح الخارجية (و ١٠° درجات) تناسب الاستدقاق (أو السلبية) فى السطوح الداخلية . وقد تتراوح هذه الزوايا فيما بين (١° و ١٥° درجة) تبعاً لنوع المعدن المستعمل وتصميم الجزء . وفى بعض الحالات ، تصمم المطروقات دون استدقاق أو سلبية فى بعض سطوح أو أجزاء

من المنتج . فإذا لم يتيسر تشكيل هذه الأجزاء دون هذا الاستدقاق (السلبية) ، فإنه يلزم إجراء عمليات تشطيب خاصة ، كعمليات ضبط الأبعاد ، لإزالة الميل أو الاستدقاق (السلبية) ، بعد الانتهاء من عملية التشكيل بالحدادة ، وذلك طبعاً بعد أن يكون قد حسب مقدار المعدن المزال فى هذه العمليات فى أبعاد المطروق بعد خروجه من القوالب . لذلك كله ، يجب أن تتوافر الخبرة العملية والتجربة الفنية ليتم تصميم المطروقات فى إطار هذه الاحتياجات .

ويلزم أن تدار الأركان والحوافى الحادة والأركان ، بما فيه الكفاية وبأكبر ما يمكن أن يسمح به التصميم ، حتى يمكن للمعدن أن ينساب ، دون عائق . هذا وتسبب الأركان والزوايا والحوافى الحادة عيوبا فى الحدادة . كما أنها تسبب تآكل القالب من الاحتكاك ، فتزداد تكاليف الغملية . وتحتاج المطروقات التى تلزم أن تحتوى على أركان حادة ، ودورانات صغيرة مقابلة لها فى القوالب ، مما يزيد فى صعوبة ملء فراغات القالب . وقد تسبب طرقات الحدادة تركيزا للإجهادات عند هذه الدورانات الصغيرة ، فيحدث عندها شقوق . ويتميز التصميم الجيد بانحناءات انسيابية طويلة ، ودورانات أركان كبيرة ، لإنتاج مطروقات سليمة اقتصادية .

ولقد شرح التفاوت القياسى للأبعاد المستعملة فى الحدادة فى قوالب التشكيل من النوع المقفول فى الباب السادس عشر ، وجمعت « جمعية الحدادة المتساقطة بكليفلاند بولاية أوهايو » هذه المعلومات فى نشرتها الخاصة .

جودة السطح ومطالب خاصة أخرى

تتأثر حالة سطح المطروق كثيراً بشكله ، ونوع المعدن ، وأساليب المعاملات الحرارية التى أجريت على المعدن قبل الحدادة ، وكذلك تغير حالته بتتابع عمليات الحدادة . ويجب مراعاة الدقة والعناية عند تصميم هذه القوالب لتشكيل مطروقات خاصة لها أسطح ناعمة ملساء جداً ، كما يجب تخطيط جميع خطوات العمل تخطيطاً صحيحا ، للحصول على النتائج المطلوبة ، كما يجب ذكر مواصفات الحدادة بوضوح تام ،

مع بيان الاشتراطات الخاصة فى المطروقات ، مثل الوزن وجودة السطح ، والتوازن والاستقامة ، وتقارب مجال الصلادة ، والتفاوت فى التركيب (الكيماوى) ... ألخ . وإلا يعتبر فى حالة عدم ذكر هذا التفاوت ، أن التسامح التجارى ، وكذلك ما تعنيه الحالات المذكورة فى الباب السادس عشر ، هى ما يجب إتباعه بالنسبة للطروق .

وكلما زادت المعطيات والبيانات عن المطروقات واستخدامها ، تيسر إنتاج الجزء حسب المطلوب .

الجيوب والفجوات والأضلاع وغير ذلك من الأجزاء الرقيقة

إذا طلب صنع مطروقات فيها جيوب وفجوات، لزم تصميم قوالب بها ارتفاعات مقابلة لتغيرات سطح شكل المطروق ، لإقلال انسياب المعدن ، وإذا كانت هذه الأجزاء رقيقة ، قد ترتفع درجة حرارتها عند التسخين إلى درجة حرارة أعلى بكثير من باقى أجزاء القالب ، وهذا يسبب تآكلها السريع ، مما يقلل عمق الجيوب فى المطروقات . ولذلك يجب تصميم الأنحناءات وزوايا الاستدقاق(السلبية) بمقادير كبيرة ما أمكن ، وذلك عندما يلزم وجود الجيوب والفجوات فى المطروقات ، بحيث لا يؤثر كبرها فى كفاية تصميم الجزء ، وكذلك لا تؤثر فى جودة تركيب الجزء فى المجمع الذى سيحتويه ، حتى يقوم بما يطلب فى أثناء الاستعمال ، ويحسن ثقب الثقوب وتفريغ الفجوات الصغيرة فى المطروقات بعد إتمام عملية الحدادة .

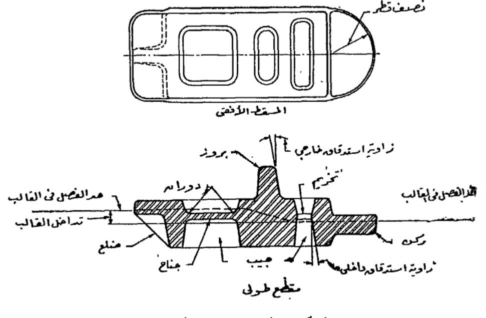
ويلزم بطبيعة الحال ، للضلوع والأجنحة والأجزاء العالية الرقيقة فى المطروقات ، جيوب وفجوات مقابلة رقيقة فى القوالب . ويبرد المعدن الساخن بسرعة بعد ملئه بجزء من جيوب القالب ، فاذا لم يَنْسَبْ المعدن انسيابا كافيا فى أثناء فترة إحتفاظها بحرارتها العالية ، لا يتم تشكيل الضلوع والأجنحة فى المطروق ، كما يجب تقليل ارتفاع هذه الضلوع وطولها إلى أقل الحدود ، وبقدر ما يسمح به التصميم الأصلى . ويجب استعمال دورانات كاملة ، وزوايا استدقاق جانبى كبيرة كلما أمكن ذلك .

ويحتمل أن يتآكل القالب بسرعة إذا كانت الأجزاء الدقيقة موازية لمستوى

الفصل فى القالب ، وذلك لسرعة انخفاض درجة حرارة المعدن فى مثل هذه المواضع ، وكذلك لصعوبة حدادة القطعة إلى الحجم المطلوب ، إذا لم ينسب المعدن البارد بسهولة فى القوالب .

تصميم المطروقات

يبين (شكل ١) مثالا لتصميم مطروق من المطروقات شائعة الاستعمال . وتميز إصلاحات رسم الحدادة فى المسقط الأفقى وفى المساقط الأخرى . ويلاحظ فى رسم المقطع ، أن هذا المطروق يحتاج إلى مجموعة من القوالب المتداخلة ، التى سبق



(شكل ١) تصميم جزء مطروق

شرحها فى أول هذا الباب . ويلزم استعمال القوالب المتداخلة ، فى هذه الحالة ، لأن الجيبين إلى اليسار فى (شكل ١) ، يفصل بينهما ضلع أو جناح فى مستوى يختلف عن حد الفصل المطلوب فى الجزء الأيمن من القطعة . ويستحسن بطبيعة الحال الإبقاء على حد الفصل فى مستوى واحد ما أمكن ، لتجنب الحاجة إلى قوالب متداخلة عند تصميم المطروقات .

الأساس فى اختيار عمليات الحدادة للإنتاج

لاستخدام الأجزاء المطروقة مميزات كثيرة ، ذكر بعضها بالتفصيل فى الأبواب السابقة . ومن أهم هـــذه المميزات خلو المطروقات الجيدة من العيوب المختفية أو الداخلية ، مما يقلل من عدد الأجزاء المعيبة ، التى ترفض أثناء الحدادة وفى أثناء أداء عمليات التشغيل التالية لها ، كما تزيد من الأمن فى استعمالها ، وترفع من كفايتها فى أثناء الاستعمال إلى الحد الأقصى . ولاستخدام عمليات الحدادة ميزة أخرى هامة ، وهى تشغيل وإنتاج مطروقات متماثلة ، وخصوصا عند استخدام قوالب التشكيل من النوع المقفول ، ولإمكان التحكم فى جودة التشغيل خـــلال العمليات المتتابعة ، ابتداء من المادة الخام إلى عملية التشطيب النهائية ، ويمكن استعمال قوالب التشكيل من النوع المقفول لتصميم أجزاء أبعادها صغيرة التفاوت ، فيمكن بذلك ، الاستغناء عن التشغيل التقريبى على المكنات ، وكذلك تقل عمليات التشطيب إلى الحد الأدنى .

ويعتمد اختبار المنتجات المطروقة على عوامل أساسية أهمها : مقاومة ومتانة المطروقات بعد تشكيلها ، واختيار وسيلة الحدادة السليمة التى تخرج بها المطروقات بحالة تمكنها من مواجهة حالات استخدام عنيفة . وتفضل الحدادة لإنتاج الأجزاء . ولو زادت تكاليفها على تكاليف أساليب الإنتاج الأخرى ، إذ أن الأجزاء التى تماثل المطروقات تمام التماثل ، وتشغل بوسائل أخرى لا تكون فى انتظام المطروقات ومتانتها ومقاومتها .

اختيار المعادن التى تناسب عمليات الحدادة

إن لاختبار الخامات المناسبة لعمليات الحدادة أهمية قصوى ، وخصوصا عند تصميم وتركيب مطروقات الحدادة . وكثيرا ما يصعب اختيار خامات مناسبة لتواجه المطالب التى يستلزمها الاستعمال . لذلك طور علم المعادن الحديث عدداً كبيراً من المعادن التى لها خواص فيزيائية متماثلة . وتستخدم عادة الاختبارات

العادية لتعيين الخواص الميكانيكية الكيماوية فى هذه المعادن . فتجرى اختبارات الشد والصلادة ومقاومة الصدمات ، على قطع اختبار (عينات) ، مقطوعة فى الاتجاه الطولى فى أعمدة المرفق مثلا ، وتؤخذ لها صور مجهرية (متالوجرافية) بعد تحضير عيناتها بعناية ، وبعد معالجتها بمحلول يتكون من (٤٪ حامض نتريك و ٩٦ ٪ كحول) لتظهير البنية .

وتجرى اختبارات مقاومة الكلال على بعض المواد المستعملة فى الحدادة ، لتعيين مدى تحملها لإجهادات الكلال . ويلزم لهذه الاختبارات أجهزة خاصة . وتؤثر إجهادات الثنى والحنى فى مستوى واحد ، دون دوران فى الجزء نفسه ، فى أجزاء مثل أعمدة المرفق . وتستعمل أجهزة مصممة خصيصا لتسجيل نتائج الاختبار ، مثل مقاييس الانفعال وغيرها لتقدير الإجهادات فى الجزء .

والمعادن الصالحة للحدادة كثيرة ، وتركيباتها الكيماوية عديدة . لذلك تستخدم المعادن الحديدية والمعادن غير الحديدية وسبائكها فى مطروقات الحدادة. ويعتبر الصلب أهم معدن فى مجموعة المعادن الحديدية ، التى تشكل بمختلف وسائل الحدادة . وينتخب نوع الصلب المناسب لهذه العمليات تبعا لتركيبه الكيماوى المرقم بوساطة المعهد الأمريكى للحديد والصلب مثلا : [1] رقم AISI) . كما ينتخب الصلب تبعا لخواصه ، وذلك بالاطلاع على بعض المواصفات القياسية ، مثل مواصفات الجمعية الأمريكية للمعادن (ASM) ، والجمعية الأمريكية لاختبار المواد (ASTM) ، والمواصفات الأخرى . ويحوى كتاب دليل المعادن (Metals Handbook) الذى نشرته « الجمعية الأمريكية للمعادن بكليفلاند بولاية أوهايو »، معطيات وبيانات كثيرة عن المعادن المستعملة فى الحدادة . ويستحسن بالرجوع إلى هذه المعطيات والبيانات ، التى فى هذا المصدر أو غيره من المصادر . وقد ذكرت فى نهاية هذا الكتاب المذكور مراجع أخرى كثيرة . ويكتفى بهذا القدر من المعلومات عن المعادن المستعملة فى الحدادة ، إذ أن تفصيلات هذا الموضوع تخرج عن نطاق هذا الكتاب .

أسئلة للمراجعة

١ — كيف يحدد الشكل والحجم الأساسى للخامة اللازمة للجزء المطروق ؟

٢ — وضح أثر تصميم الجزء المطلوب إنتاجه على جودة الجزء المطروق .

٣ — ما هى القوالب المتداخلة ؟

٤ — ما قيم زوايا الاستدقاق ومقادير التفاوت المستخدمة عادة فى المطروقات ؟

٥ — ما أبعاد الدورانات وأنصاف أقطارها التى يجب أن تكون عادة فى المطروقات ؟

٦ — ما العوامل التى تؤثر فى حالة سطح المطروقات ؟

٧ — ما هى الاحتياطات التى تتخذ فى قوالب الحدادة إذا لزم فى المطروقات وجود جيوب وفجوات وأضلاع أو أجنحة وأجزاء رقيقة أخرى ؟

٨ — ناقش كيفية تعيين حدود الفصل فى قوالب الحدادة .

٩ — على أى أساس تنتخب عمليات الحدادة كوسيلة من وسائل الإنتاج ؟

١٠ — وضح أهمية اختيار المعدن المناسب للحدادة .

١١ — ما هى أنواع المعادن المستعملة فى عمليات الحدادة ؟

الباب الخامس عشر

الأمن والسلامة فى أثناء إجراء عمليات الحدادة

منع الاصابات

يجب اتخاذ احتياطات فعالة عند تنظيم المصنع ، ووضع حواجز واقية على المكنات لحماية العمال فى أثناء أداء عمليات الحدادة ، كما يجب اتخاذ احتياطات مماثلة عند نقل المهمات والآلات المستخدمة فى مختلف عمليات الانتاج .

وترجع أسباب وقوع الحوادث مثل الحروق وما يشابهها ، إلى اتباع طرق خاطئة غير سليمة فى تناول ونقل المعادن الساخنة . ويتسبب الإهمال عند تشغيل مطارق الحدادة ، وعند عدم توافر أجهزة الوقاية فى إصابات خطرة ، تصيب أطراف العمال كالأذرع والأيدى والأصابع . ويعرض العمال أعينهم إلى الأصابات إذا رفعوا عنها نظارات الوقاية الخاصة ، فى أثناء تشغيل وتشكيل الأجزاء على الساخن . إذ أن احتمال وقوع الإصابات من إجزاء المعدن الساخنة كبير ، وخصوصا فى أثناء أداء عمليات التشغيل على الساخن .

لذلك تستخدم فى أكثر المصانع الحديثة مختلف أنواع الحواجز الواقية لمنع الإصابات من جراء الأجزاء المتطايرة من المعدن فى أثناء تشغيله ، ويجب بطبيعة الحال ، إرشاد وتدريب العمال على اتخاذ الاحتياطات الضرورية ، لتجنب إصابة أنفسهم أو زملائهم وهم فى المصنع .

كما يجب تجهيز جميع المكنات ، والمعدات والأجهزة والآلات بوسائل الوقاية الفعالة لحماية العمال من الأجزاء المتحركة فى المكنات فى أثناء التشغيل .

كما يجب استخدام معدات نقل المواد وتناولها ، مثل حصائر نقل المواد المرفاعات المتحركة وغيرها من الآليات الرافعة ، مع اتخاذ الاحتياطات لسلامة العمال وحمايتهم من الإصابات ، ويفيد جدا وضع علامات التحذير فى مواضع ظاهرة ، قرب مواطن الخطر لمنع الحوادث ، كما أن لتعليق اللافتات والملصقات التى تلفت النظر أثراً كبيراً فى نشر وعى الأمن والسلامة فى أثناء العمل فى المصانع والورش .

كما يجب أخذ الاحتياط من أضرار جميع أنواع الأعمدة العالية أو المثبتة تحت (النزج) مناضد التشغيل الرأسية منها أو المائلة . كما يلزم تغطية أجهزة القبض والتثبيت وموصلات الحركة ، والأطراف البارزة من الأعمدة والخوابير والمسامير واللولبيات وغيرها من الأجزاء الأخرى البارزة فى القطع الدوارة ، بحواجز واقية مناسبة . كما يجب تغطية التروس وأجهزة التوصيل الاحتكاكى ، وتروس الجنازير ، والجنازير نفسها ، تغطية كاملة لحماية العمال منها بأى وسيلة مناسبة . كما يجب الوقاية من السيور والطنابير (الطارات الدوارة) ، وعجلات التوازن والحدافات ، وغيرها من معدات نقل القدرات الأخرى ، حتى لا يتيسر للعامل أن يتلامس معها فى أثناء دورانها .

قواعد وقوانين الأمن والسلامة القومية المتبعة فى الولايات المتحدة

تضامنت عدة مؤسسات إلى أقصى حدود التضامن ، وبذلت جهودا عظيمة لتوطيد اتباع وسائل الأمن والسلامة فى أثناء العمل ، لحماية العمال فى مصانع الحدادة، ضد الحوادث . وفيما يلى بعض هذه المؤسسات :

جمعية التوحيد القياسى الأمريكية ، وإدارة العمل بالولايات المتحدة ، ومكتب الولايات المتحدة لإحصاءات العمل ، والمجلس القومى المتحد للأمن والسلامة بشيكاغو ، والإدارات الاتحادية للرعاية العامة التابعة للولايات المختلفة ، ووكالات نشر وعى الأمن والسلامة التابعة لشركات التأمين الكبرى . وتشمل توصيات الأمن والسلامة أقساما عديدة من مصانع الحدادة ، منها قسم نقل المواد بحصائر النقل

الميكانيكية ، وغيرها من المعدات الإضافية ، وقسم الصناعة والتشغيل بمختلف مكنات الحدادة وآلاتها ، وقسم تنظيف وتنجيز « تشطيب » المطروقات .

تدابير الأمن والسلامة

لا يتسع المجال لوصف جميع وسائل وتدابير الأمن والسلامة المستعملة فى ورش الحدادة بالمصانع والمدارس وصفا مطولا ، وإنما يكتفى هنا بالإشارة إلى بعض تدابير الأمن والسلامة الواسعة الانتشار ، التى صممت لحماية العمال والأشخاص الذين يتدربون تدريبا مهنيا .

تعتبر بعض الأعمال التى تؤدى فى ورش المصانع والمدارس الفنية أعمالا يدوية ، وذلك مثل تشغيل أفران الغاز ، وتناول الأجزاء المطروقة . ويلزم أن يفهم العامل الذى تستلزم طبيعة عمله الاقتراب من المواد الخطره ، مثل الأحماض وسيانيد البوتاسيوم وسيانيد الصوديوم ، والوقود السائل ، والمعادن المسخنة ، مبادىء وقواعد الأمن والسلام تفهما جيدا ، بحيث يشعر بالمسئولية والخطورة التى يتعرض لها .

ويجب ألا تُشغّل أفران الغاز دون إذن ، أو دون معرفة تامة بطريقة إشعالها وتشغيلها . كما يجب قراءة إرشادات تشغيل الأفران والأكوار بعناية قبل تشغيلها . ويجب ألا تشغل الأفران إلا بحضور رئيس العمال أو المدرب المخصص لذلك إذا لزم الأمر . ويلزم وضع نظارات الوقاية ، وخاصة عند إشعال الأفران . وتوقد الأفران عادة ، بوضع ورقة مشتعلة فى غرفة الاحتراق ، ثم يُفتح صمام الغاز الكبير ، مع اتخاذ جميع الاحتياطات التى تكفل إقفال جميع الصمامات الأخرى ، ثم بعد ذلك تشعل الورقة ويدخل الهواء فى أثناء احتراق الورقة ، ثم يتبعه دخول الغاز فى أثناء استمرار احتراق الورقة فى الهواء ، ولا يصح مطلقا إدخال الغاز قبل الهواء ، وإلا حدث انفجار فى الفرن . وعند إطفاء الفرن ، يجب أولا قفل صمام الغاز ، ثم يُقفل بعد ذلك صمام الهواء . كما لا يصح أن يترك الفرن حتى يسخن

إلى درجة تزيد عند اللازم . ويجب بعد انتهاء العمل ، قفل صمامات الغاز ، ثم بعد ذلك قفل الصمام الرئيسى .

ويجب وضع علامات مميزة على المواد الساخنة ، خصوصاً إذا تركت على الأرض فى أثناء نقل المطروقات من مكان لآخر ، وتستعمل ملاقط مناسبة للقبض على المعدن لمنعه من الانزلاق . ويقلل وقوع الحوادث بالعناية والاهتمام بهذه الأمور ، ويجب أن تتخذ الاحتياطات لمنع وصول الماء إلى الزيت الساخن ، أو الرصاص المنصهر ، أو إلى سيانيد البوتاسيوم ، فى أثناء سقى المعدن فى حمامات السقية ، ولا يصح أن يسخن الزيت أكثر من اللازم تجنبا لاشتعاله . كما يلزم عدم إغفال التدريب على طرق مقاومة حرائق الزيت وإطفائها .

ويجب أن تتذكر دائما أن السيانيد مادة سامة ، لذلك يجب الحرص والعناية التامة عند نقله من مكان لآخر . كما يجب إبعاد السيانيد من جميع أنواع الأحماض ، كما يلزم أيضا أن تلبس قفازات الوقاية وبخاصة أثناء نقـــله . ويجب تجنب ملامسته للجروح المفتوحة أو لمواضع التهابات الجلد ، كما يجب غسل الأيدى جيدا بماء جار إذا لمس السيانيد باليد . وعاقبة الإهمال فى استعمال السيانيد ، هى العمى أو الموت المحقق . ويجب تسخين السيانيد قبل وضعه فى أحواضه لمنع تناثره (طرطشته) . وليس فى استعمال السيانيد خوف من الحريق .

ويجب استعمال الوقود السائل بمنتهى الحذر ، ولا يصح غسل الأيدى بالبنزين أو بغيره من المواد المماثلة ، لأنها تسبب عدوى فى أصغر الجروح . ويجب ألا يستعمل البنزين إلا فى تنظيف الأجزاء فقط ، وألا يستعمل مطلقا بالقرب من لهب مكشوف ، أو فى حجرة مغلقة ، أو بالقرب من سطح ساخن . ويجب الاحتراس والحذر عند استعمال حراقات البنزين ومشاعلها ، كما يجب قراءة إرشادات الاستعمال وإتباعها بدقة . كما يجب تجنب استعمال وقود المحركات الذى يحتوى على الرصاص فى هذه الحراقات والمشاعل ، كما لا يصح استعمال كمية من الهواء تزيد عن المطلوب فى هذه الحراقات . ويلزم حفظ البنزين فى صفائح خاصة مؤمنة ، بمقادير صغيرة

بقدر الاحتياج . ولقد أجمع كل من « مجلس الأمن والسلامة القومى بشيكاغو » ، «وإدارة العمل بالولايات المتحدة » ، «ومنظمات الأمن والسلامة المماثلة » ، معطيات وبيانات مفيدة عن تدابير الأمن والسلام والاحتياطات التى يلزم اتخاذها فى هذه الأحوال . ونشرت هذه المعطيات والبيانات لتكون تحت الطلب على شكل منشورات دورية مثل منشور رقم (٤٥١) « قواعد الأمن والسلامة » ، فى عمليات الحدادة وعمليات تشكيل المعادن على الساخن ، بالمسك والضغط ونشرة مكتب إحصاء العمل وإدارة العمل بالولايات المتحدة .

أسئلة للمراجعة

١ — اذكر أهم مسببات الحوادث العادية فى ورشة الحدادة .

٢ — بماذا يمكن منع إصابة العمال فى ورشة الحدادة ؟

٣ — وضح مميزات استعمال معدات نقل المواد فى ورشة الحدادة .

٤ — وضح عمل منظمات الأمن والسلامة القومية التابعة للولايات المتحدة بالنسبة لورشة الحدادة .

٥ — ماهى تدابير الأمن الواجب اتباعها عند تشغيل أفران الغاز فى ورشة الحدادة وكذلك عند نقل الوقود السائل ؟

٦ — ما هي تدابير الأمن الواجب اتباعها عند نقل الأحماض ؟

٧ — ما هى الاحتياطات الواجب اتخاذها عند نقل الأجزاء فى أثناء عمليات الحدادة ؟

٨ — وضح ماقدمه المجلس القومى للأمن من خدمات لحفظ الأمن فى ورشة الحدادة .

الباب السادس عشر

الأساليب الفنية القياسية المتبعة للتشكيل بقوالب التشكيل

من النوع المقفل والتفاوت

مقدمة

فى هذا الباب تعاريف قياسية ومواصفات عملية يقصد منها تلخيص ما ذكر فى الأبواب السابقة عن الأساليب الفنية فى الحدادة ، وكذلك استعراض للعمليات القياسية التى أقرتها الصناعة . وقد أقرت هذه التعاريف وهذه المواصفات ، جمعية الحدادة المتساقطة ونشرتها فى كتابها (الأساليب الفنيـــة القياسية المستعملة فى التشكيل بقوالب الحدادة والتفاوت فيها) . ونسردها هنا بعد موافقة أصحاب حقوق الطبع والنشر ، مع العلم بأن الأساليب الفنية والتفاوتات المذكورة خاصة بالمطروقات التى يقل وزنها عن (١٠٠ رطل) .

الأساليب الفنية

التعريف

المطروق هو الناتج بعد تشغيل المعدن اللدن (العجينى) ، بتشكيله إلى الشكل المطلوب بالضغط . وتشكل المطروقات الحديثة المماثلة فى قوالب فى المطارق المتساقطة أو فى مكنات الحدادة أو مكابسها. وتطرق مطرقة الحدادة طرقات ضاغطة متقطعة، بينما يولد كل من مكنة الحدادة ومكبسها ضغط عاصر . بينما يمكن تشكيل بعض معادن الحدادة ، ومنها بعض أنواع الصلب على البارد، تشكل معظم المعادن بالحدادة على الساخن .

المميزات

أهم مميزات المطروقات هى ما فى بنيتها المتليفة المتينة . وتتولد هـــذه البنية باستطالة حبيبات الشبق المصبوب الأصلية ، فى مكنة الدرفلة فى أثناء درفلة القضبان المعدة للحدادة ، ويستمر تضاءل الحبيبات فى أثناء عمليات الحدادة . وللبنية المتليفة الـكثيفة خواص تظهر فى المطروقات ، لايمكن الحصول عليها فى المعادن إذاضغطت هذه المعادن بأى وسيلة أخرى. ويمكن التحكم فى اتجاه هذه الألياف أو (الانسياب الحبيبى) الذى ينشأ فى المطروقات ، بحيث يزيد المتـــانة فى المواضع المطلوبة فى المطروق .

والخواص المميزة فى المطروقات هى :

١ — بنية منتظمة خالية من الفجوات والبخبخة والمسامية .

٢ — مقاومة كبيرة لـكل وحدة من وحدات مساحة المقطع تحت تأثير الأحمال الإستاتية ، وكذلك مقاومة عالية للصدمات والإجهادات المفاجئة .

٣ — تشغيلية ممتازة عالية بالمـكنات . ويمكن القطع بها بسرعات قطع عالية ، وذلك للانتظام بنية المطروقات كما تزيد حياة حد القطع فى عدده ، ولا يلزمه عندئذ إلا سن وشحذ أقل من المعتاد ، لأن المعدن المقطوع خال من الشوائب ، ويقل فيه التالف المرفوض من عمليات التشغيل بالمـكنات لتجانس المعدن المشغل .

مطروقات قوالب التشكيل

تشكل مطروقات قوالب التشكيل باستعمال قوالب تشـكيل والآلات اللازمة لإنتاج أجزاء مماثلة تمام التماثل بكميات كبيرة ، تغطى تـكاليف صنع القوالب وآلات التشكيل . وتستعمل قوالب تشغيل بسيطة لإنتاج المطروقات بقوالب مكون كل منها من جزءين ، وتستعمل عادة مجموعات من القوالب لتشكيل الأجزاء المعقدة بانسياب مستمر فى بنيتها .

١ — تصنع المطروقات بالتساقط فى المطارق المتساقطة أو المكابس التى تستخدم القوالب ذات الجزأين التى بها فراغات للتشكيل ، على خطوات .

٢ — وتشكل المطروقات المكبوسة عادة فى مكنات حدادة بها مجموعة من القوالب ، تقبض على الخام فى أثناء خطوات التشكيل ، وبها أيضاً رأس لضغط المعدن وإدخاله فى فراغات القالب .

المعادن التى تصلح للحدادة

المعادن التى تصلح للحدادة ، ولا يحصى منها الحديدية وغير الحديدية عددها وجيز . (وفى كتب الحدادة وعلم الفلزات شرح واف لوسائل معاملة المعادن التى تصلح للحدادة ، وكذلك شرح لخواصها) ، وفيما يلى تبويب عام لهذه المعادن .

١ — أنواع الصلب الكربونى .

(أ) صلب منخفض الكربون : يحتوى على مالا يزيد عن (٢٥ر٠٪) ويصلح للمطروقات العادية ، وللأجزاء التى تلزم كربنتها (تغليفها) لتقاوم التآكل .

(ب) صلب متوسط الكربون : يحتوى على كربون بنسبة مئوية فيما بين (٣ر٠٪ إلى ٥ر٠٪) ويصلح للمطروقات التى تتعرض للاستعمال العنيف . وتعامل عادة بعمليات المعاملة الحرارية .

(حـ) صلب عالى الكربون : ويحتوى على كربون نسبته المئوية أعلى من (٥ر٠٪) ويصلح للمطروقات التى يلزم فيها أسطح صلدة ، كما تصلح لصنع اليايات والزمبلكات ويلزم أن يعامل بعمليات المعاملة الحرارية .

٢ — أنواع الصلب السبائكى : يضاف عليها (منجنيز نيكل) . و (نيكل كروم) و (موليبدنيوم) و (كروم) أو (ڤانيديوم) و (كروم) أو (موليبدنيوم وتنجستن) و (سليكون منجنيز) . وأنواع الصلب هذه

عبارة عن سبائك من الصلب الكربونى ، يحتوى على عنصر أو أكثر من العناصر الأخرى الإضافية . وتستعمل مطروقات مصنوعة من هذه الأنواع من الصلب ، عندما تطلب منها متانة أو تحمل عال ... الخ . ويتوقف اختيار التركيب الكيماوى المناسب ، وكذلك نوع المعاملة الحرارية المناسبة ، على الاستعمال وما يتعرض له الجزء ، فى حدود خبرة ومعرفة علماء الفلزات بالاستشارة المتبادلة بينهم وبين مهندسى الحدادة .

٣ — أنواع الصلب التى تصمد للتآكل وللحرارة ، والتى لا تصدأ : أنواع هذا الصلب المستعمل عادة للصمود للتآكل والحرارة والصدأ من أنواع الصلب السبائكى الجديد ، وبها نسبة عالية من الكروم أو النيكل أو كليهما ويتحدد التركيب الكيماوى المناسب بمقدار الصمود للتآكل . وتلمّع أسطح المطروقات عادة للحصول على أكبر مقاومة للتآكل .

٤ — الحديد : تستعمل مطروقات الحديد المطاوع أو حديد الشبقات فى المطروقات التى يلزم فيها ممطولية عالية . للحديد المطاوع مقاومة متوسطة للتآكل . وتنتمى مجموعة الحديد الذى يحتوى بعض النحاس الأحمر والصلب منخفض الكربون إلى هذا النوع .

٥ — أنواع النحاس الأحمر والنحاس الأصفر والبرنز : وتصلح المطروقات من النحاس الأحمر، لاستعمالات كثيرة فى مجال الكهربيات ، ولسبائك النحاس الأحمر والنحاس الأصفر مقاومة متوسطة للتآكل ، كما أن لبعض أنواع البرنز ، مقاومة عالية نسبيا ، ويصلح لمرتكزات الدوران وكراسى المحاور .

٦ — سبائك النيكل والنحاس الأحمر والنيكل : يمكن تشكيل النيكل الخالص بالحدادة . ولسبيكة النيكل والنحاس الأحمر المعروفة باسم «معدنمونِل» مجموعة من الخواص الجيدة مثل المقاومة والمتانة والصمود للتآكل .

٧ — السبائك الخفيفة (الأليومنيوم والمغنسيوم) تزن السبائك الخفيفة

حوالى ثلث وزن الصلب لنفس الحجم ، وقد طورت بعض أنواعه حتى بلغت مقاومتها مبلغ مقاومة الصلب منخفض الكربون تقريبا ، وفى مجموعتى الأليومنيوم والمغنسيوم سبائك قابلة للحدادة .

الأساليب الفنية فى الحدادة التجارية القياسية :

تباع المطروقات المصنوعة فى قوالب التشكيل من النوع المفتوح ، «بالقطعة» لا « بالوزن » . من المفهوم أن زعانف المطروقات تزال بعملية تهذيب الأطراف ، وأن المطروقات تكون خالية من العيوب الضارة ، دون الحاجة لذكر ذلك صراحة .

١ — الكمية : يسمح بتفاوت فى الكمية المعينة فى نطاق حدود قياسية فيما بين النقص والزيادة .

٢ — الحجم : تورد المطروقات فى حدود التفاوت الحجمى القياسى إلا إذا نص على تفاوت أقل .

٣ — عملية تحديد الأبعاد : يمكن أن يكون التفاوت صغيرا إذا أجريت عمليات إضافية لتحديد الأبعاد على الساخن أو على البارد حسب مقتضيات الأحوال .

٤ — جودة السطح : تورد المطروقات عادة، وإن لم يكن ذلك دائما ، نظيفة ، وذلك بتنظيفها فى البراميل الدوارة ، أو بنقعها فى محاليل وحوامض التنظيف ، أو برشها بالرمل أو غيره .

٥ — الاشتراطات الخاصة : يجب ذكر الاشتراطات الخاصة ، مثل نوع عمليات المعاملة الحرارية أو الاختبارات الخاصة بوضوح تام .

٦ — قوالب التشكيل : تستخدم قوالب وآلات التشكيل خاصة لإنتاج مطروقات القوالب . وتشمل تكاليف القوالب والآلات الأصلية ، تكاليف صيانتها، ولكن تزيد تكاليف استبدالها بعض تكاليف إضافية .

مقادير التفاوت

توصف مقادير التفاوت بأنها إما « خاصة » أو « عادية » . ومقادير التفاوت الخاصة ، هى التى تذكر على وجـه التحديد فى المواصفات . ويمكن ذكر جميع مقادير التفاوت أو بعضها بأى طريقة تناسب الحالة . وتنطبق مقادير التفاوت «الخاصة» على البعد المعين أو الجزء المذكور . وتطبق مقادير التفاوت «العادية» فى جميع الحالات التى لا ينص فيها على مقادير تفاوت « خاصة » .

وتنقسم مقادير التفاوت العادية قسمين :« مواصفات تجارية » و « مواصفات دقيقة » . وتستخدم مقادير التفاوت التى «بالمواصفات التجارية » لأعمال الحدادة العادية . ويمكن النص على مقادير التفاوت « فى المواصفات الدقيقة » عندما أو حينما تطلب منتجات دقيقة الأبعاد تلزمها عناية خاصة ، وتكاليفها عالية . ويمكن النص بلزوم « المواصفات الدقيقة » فى حالة أو أكثر من حالات درجات الدقة الآلية . وتطبق « المواصفات التجارية » إذا لم ينص على مواصفات معينة .

درجات التفاوت (الدقة)

تطبق التفاوتات العادية على الأبواب الآتية :

١ — السمك (التخانة) .

٢ — العرض .

(ا) الانكماش وتآكل القالب .

(ب) انحراف الشكل .

(حـ) الحجم بعد تهذيب الأطراف .

٣ — زاوية الاستدقاق « السلبية » .

٤ — السكمية .

٥ — الدورانات والأركان .

الباب رقم (١) مقادير تفاوت السمك (الثخانة)

يطبق التفاوت فى السمك على سمك (ثخانة) المطروق السكلى . كما تطبق على مطروقات المطارق المتساقطة بالنسبة إلى السمك (التخانة) فى الاتجاه العمودى لحـــد الفصل الرئيسى فى القوالب . كما تطبق فى مطروقات السكبس ، بالنسبة إلى السمك فى الاتجاه الموازى لحركة رأس الطرق . ولا يكون ذلك إلا بالنسبة للأبعاد المحيطية التى تولدها القوالب .

جدول رقم (٥)

مقادير تفاوت السمك (التخانة) « بالبوصة »

إلى هذه الأوزان بالرطل	تجارية (−)	تجارية (+)	دقيقة (−)	دقيقة (+)
٠,٢	٠,٠٠٨	٠,٠٢٤	٠,٠٠٤	٠,٠١٢
٠,٤	٠,٠٠٩	٠,٠٢٧	٠,٠٠٥	٠,٠١٥
٠,٦	٠,٠١٠	٠,٠٣٠	٠,٠٠٥	٠,٠١٥
٠,٨	٠,٠١١	٠,٠٣٣	٠,٠٠٦	٠,٠١٨
١,٠	٠,٠١٢	٠ ٣٦	٠,٠٠٦	٠,٠١٨
٢,٠	٠,٠١٥	٠,٠٤٥	٠,٠٠٨	٠,٠٢٤
٣,٠	٠,٠١٧	٠,٠٥١	٠,٠٠٩	٠,٠٢٧
٤,٠	٠,٠١٨	٠,٠٥٤	٠,٠٠٩	٠,٠٢٧
٥,٠	٠,٠١٩	٠,٠٥٧	٠,٠١٠	٠,٠٣٠
١٠,٠	٠,٠٢٢	٠,٠٦٦	٠,٠١١	٠,٠٣٣
٢٠,٠	٠,٠٢٦	٠,٠٧٨	٠,٠١٣	٠,٠٣٩
٣٠,٠	٠,٠٣٠	٠,٠٩٠	٠,٠١٥	٠,٠٤٥
٤٠,٠	٠,٠٣٤	٠,١٠٢	٠,٠١٧	٠,٠٥١
٥٠,٠	٠,٠٣٨	٠,١١٤	٠,٠١٩	٠,٠٥٧
٦٠,٠	٠,٠٤٢	٠,١٢٦	٠,٠٢١	٠,٠٦٣
٧٠,٠	٠,٠٤٦	٠,١٣٨	٠,٠٢٣	٠,٠٦٩
٨٠,٠	٠,٠٥٠	٠,١٥٠	٠,٠٢٥	٠,٠٧٥
٩٠,٠	٠,٠٥٤	٠,١٦٢	٠,٠٢٧	٠,٠٨١
١٠٠,٠	٠,٠٥٨	٠,١٧٤	٠,٠٢٩	٠,٠٨٧

الباب رقم (٢) مقادير تفاوت العرض والطول

مقادير تفاوت العرض والطول متساوية ، وتطبق على عرض أو طول المطروق. وتطبق فى مطروقات المطارق المتساقطة بالنسبة للعرض أو الطول فى الاتجاه الموازى للحد الفاصل الرئيسى فى القوالب ، ولكن لا تكون إلا بالنسبة للأبعاد المحيطية التى تشكلها القوالب . وتطبق فى مطروقات الكبس بالنسبة للعرض أو الطول فى الاتجاه العمودى لحركة رأس الطرق .

وتنقسم مقادير تفاوت العرض والطول ثلاثة أقسام .

الباب رقم (٢) أ . مقادير تفاوت الانكماش وتآكل القالب

الباب رقم (٢) ب. مقادير التفاوتات

الباب رقم (٢) جـ . مقادير تفاوت الحجم بعد تهذيب الأطراف

الباب رقم (٢) أ . مقادير تفاوت الانكماش وتآكل القوالب

تستخدم تفاوتات الانكماش وتآكل القوالب بالنسبة لجزء المطروق المشكل بقالب واحد . ولا تطبق على بُعدٍ يتعدى حد الفصل . وهى عبارة عن مجموع مقادير تفاوت الانكماش ومقادير تفاوت تآكل القوالب المبينة فى جدول رقم (٦) . ولا تطبق مقادير تفاوت الانكماش ومقادير تفاوت تآكل القوالب كل على حدة فلا يحسب إلا مجموع مقدارى التفاوت فى كل منها . ولا تطبق لتشمل الاستدقاق (السلبية) أو التبادلية .

الباب رقم (٢) (ب) مقادير تفاوت انحراف الشكل

وانحراف الشكل هو مقدار تحرك نقطة فى جزء المطروق المشكل فى أحد جزئى القالب ، بالنسبة لوضعه الصحيح فى الجزء المطروق المشكل فى جزء القالب

الآخر . ولا يشمل هذا الانحراف أى تحرك يسببه تغير سمك أو تخانة المطروق ، وإنما يقدر الانحراف بمقدار التحرك فى المستوى الموازى لحد الفصل الرئيسى فى القوالب . ومقادير تفاوت الانحراف فى الشكل مستقلة عن مقادير التفاوت الأخرى .

جدول رقم (٦) مقادير انكماش وتآكل القوالب

انكماش		زائد		تآكل القالب	
إلى الطول والعرض المبينة بالبوصة	تجارية (+) (—)	دقيقة (+) (—)	إلى الأوزان المبينة بالرطل	تجارية (+) (—)	دقيقة (+) (—)
١	٠,٠٠٣	٠,٠٠٢	١	٠,٠٣٢	٠,٠١٦
٢	٠,٠٠٦	٠,٠٠٣	٣	٠,٠٣٥	٠,٠١٨
٣	٠,٠٠٩	٠,٠٠٥	٥	٠,٠٣٨	٠,٠١٩
٤	٠,٠١٢	٠,٠٠٦	٧	٠,٠٤١	٠,٠٢١
٥	٠,٠١٥	٠,٠٠٨	٩	٠,٠٤٤	٠,٠٢٢
٦	٠,٠١٨	٠,٠٠٩	١١	٠,٠٤٧	٠,٠٢٤
لكل بوصة أو أكثر يضاف	٠,٠٠٣	٠,٠٠١٥	لكل رطلين أو أكثر يضاف	٠,٠٠٣	٠,٠٠١٥
١٢	٠,٠٣٦	٠,٠١٨	٢١	٠,٠٦٢	٠,٠٣١
١٨	٠,٠٥٤	٠,٠٢٧	٣١	٠,٠٧٧	٠,٠٣٩
٢٤	٠,٠٧٢	٠,٠٣٦	٤١	٠,٠٩٢	٠,٠٤٦
٣٦	٠,١٠٨	٠,٠٥٤	٥١	٠,١٠٧	٠,٠٥٤

جدول رقم (٧) مقادير تفاوت انحراف الشكل (بالبوصة)

إلى الأوزان المبينة (بالرطل)	تجارية	دقيقة
١	٠,٠١٥	٠,٠١٠
٧	٠,٠١٨	٠,٠١٢
١٣	٠,٠٢١	٠,٠١٤
١٩	٠,٠٢٤	٠,٠١٦
لكل ٦ أرطال أو أكثر يضاف	٠,٠٠٣	٠,٠٠٢
٣٧	٠,٠٣٣	٠,٠٢٢
٥٥	٠,٠٤٢	٠,٠٢٨
٧٩	٠,٠٥٤	٠,٠٣٦
٩٧	٠,٠٦٣	٠,٠٤٢

الباب رقم (٢ ج) مقادير تفاوت الحجم بعد تهذيب الأطراف

لا يصح أن يكون الحجم بعد تهذيب أطرافه أكبر من ، أو أقل من ، حدود التغير فى الأبعاد عند حد الفصل ، الذى تؤثر عليه مقادير التفاوت فى زوايا الاستدقاق (السلبية) وكذلك فى مقادير تفاوت الانكماش وتآكل القوالب .

الباب رقم (٣) مقادير التفاوت فى زوايا الاستدقاق السلبية

مقادير التفاوت فى زوايا الاستدقاق هى التغير المسموح به فى زاوية الاستدقاق القياسية أو الاسمية .

جدول رقم (٨) مقادير التفاوت فى زوايا الاستدقاق (السلبية)
فى مطروقات الحدادة المتساقطة مقدرة (بالدرجات)

	الزاوية الاسمية	تجارية الحد الأقصى	دقيقة الحد الأقصى
الخارجى	٧°	١٠°	٨°
الثقوب الداخلية والفجوات			
الحدود التجارية	١٠°	١٣°	—
الحدود الدقيقة	٧°	—	٨°

جدول رقم (٩)
مقادير التفاوت فى زوايا الاستدقاق (السلبية) فى مطروقات الكبس

الاستدقاق	الزاوية الاسمية	التجارية الحد الأقصى	الدقيقة الحد الأقصى
الخارجى	٣	٥	٤
الثقوب الداخلية والفجوات	٥	٨	٧

الباب رقم (٤) مقادير التفاوت فى الكميات

مقادير التفاوت فى الكمية ، وهى الانحراف ناحية الزيادة ، أو ناحية النقص ، المسموح به فى الكمية عند توريد كل أوجزء من الكمية المذكورة فى أمر التوريد . ويعتبر توريد كمية فى حدود الكمية الزائدة أو الناقصة المسموح بها منفذا لأمر التوريد . ومقادير التفاوت التجارية وكذلك مقادير التفاوت الدقيقة متساوية فى كلتا الحالتين .

جدول رقم (١٠) مقادير تفاوت السكمية

عدد الأجزاء المذكورة في أمر التوريد	السكية الزائدة	السكية الناقصة
	عـدد الأجزاء	عـدد الأجزاء
١ — ٢	١	صفر
٢ — ٥	٢	١
٦ — ١٩	٣	١
٢٠ — ٢٩	٤	٢
٣٠ — ٣٩	٥	٢
٤٠ — ٤٩	٦	٣
٥٠ — ٥٩	٧	٣
٦٠ — ٦٩	٨	٤
٧٠ — ٧٩	٩	٤
٨٠ — ٩٩	١٠	٥
	النسبة المئوية	النسبة المئوية
١٠٠—١٩٩	١٠	٥,٠
٢٠٠—٢٩٩	٩	٤,٥
٣٠٠—٥٩٩	٨	٤,٠
٦٠٠—١٢٤٩	٧	٣,٥
	النسبة المئوية	النسبة المئوية
١٢٥٠—٢٩٩٩	٦٪	٣,١٪
٣٠٠٠—٩٩٩٩	٥٪	٢,٥٪
١٠٠٠٠—٣٩٩٩٩	٤٪	٢,٠٪
٤٠٠٠٠—٢٩٩١٩٩	٣٪	٠,٥٪
إلى ٣٠٠٠٠٠	٢٪	١,٠٪

الباب رقم (٥) مقادير التفاوت فى الدورانات والأركان

تطبق مقادير التفاوت فى الدورانات والأركان فى جميع حالات الأسطح المتقاطعة ، حتى إذا كانت الرسومات ، أو النماذج تبين أركاناً حادة ، إلا إذا كانت هذه الرسومات . . أو النماذج تبين الدورانات (حتى إذا لم تعين الأبعاد الحقيقية) وتعين أركان بمقاسات أنصاف أقطارها أكبر من المقاسات القياسية التالية ، وتعتبر فى هذه الحالة هذه المقاسات المبينة الكبيرة ، هي المقاسات المطلوبة ، وتكون مقادير التفاوت « مقادير تفاوت خاصة » .

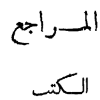
تطبق مقادير تفاوت الدورانات فى الأركان والحوافى الداخلية فى جميع الحالات التى تتقاطع فيها الأسطح بزاوية تقل عن (١٨٠°) .

وتطبق مقادير تفاوت الزوايا والحوافى الخارجية فى جميع الحالات التى تتقاطع فيها الأسطح بزاوية من (١٨٠°) .

وعند تطبيق مقادير تفاوت الأركان فى حالة تقاطع سطحين مستدقين (مسلوبين) ، يقدر التفاوت عند النهايات الضيقة لهذا التقاطع ، ويزيد نصف القطر فى اتجاه النهاية السميكة . ويكون مجموع الزيادة فى نصف القطر ، مساويا لطول السطح (المستدق المسلوب) بالبوصة ، مضروبا فى المقاس لزاوية المسلوب الاسمية .

وتكون أنصاف أقطار الدوارنات أو الأركان أى قيمة لا تزيد عن القيم المبينة فى جدول رقم (١١) .

حد الأوزان مقدرة (بالرطل)	تجارية	دقيقة
٠,٣	٣/٣٢	٣/٦٤
١,٠	١/٨	١/١٦
٣,٠	٥/٣٢	٥/٦٤
١٠,٠	٣/١٦	٣/٣٢
٣٠,٠	٧/٣٢	٧/٦٤
١٠٠,٠	١/٤	١/٨



The A B C's of Aluminum. Louisville, Ky.: Reynolds Metals Co., 1950.

Alcoa Aluminum Impact Extrusions. Pittsburgh: Aluminum Co. of America, 1948.

Alcoa Aluminum and Its Alloys. Pittsburgh: Aluminum Co. of America, 1947.

Cleaning Problems Solved in the Heat-Treating and Forging Industry. Mishawaka, Ind.: American Wheelabrator & Equipment Corp., 1947.

Delaware Controlled - Atmosphere Furnaces. Wilmington, Del.: Delaware Tool Steel Corp., 1945.

Designing with Aluminum Extrusions. Louisville, Ky.: Reynolds Metals Co., 1949.

Die Blocks and Forgings. Chicago: A. Finkl & Sons Co.

Drop Forging Topics. Cleveland: Drop Forging Assn., 1947—48—49—50.

Fabrication of Lukens Clad Steels. Coatesville, Pa.: Lukens Steel Co., 1948.

Handbook of Welded Steel Tubing. Cleveland: Formed Steel Tube Institute, 1941.

Impact Die Forging (Pub. No. 4401—0). Chambersburg, Pa.: Chambersburg Engineering Co.

The Improvement of Metals by Forging. Cleveland: The Steel Improvement & Forge Co., 1944.

Induction Heating (Bull. 22 — 10 M — 47) Cleveland: Tocco Division, The Ohio Crankshaft Co., 1947.

Johnson, C. G. Metallurgy (3d ed.) Chicago: American Technical Society, 1947.

Johnson, S., and Warby, J. Drop Forging Practice, 1937.

The Making, Shaping, and Treating of Steel (5th ed.) Pittsburgh: Carnegie - Illinois Steel Corp , 1941.

Manual of Open - Die Forgings. New York: Open-Die Forging Industry .

The Manufacture of Steel Tubular Products. Pittsburgh : The National Tube Co., 1944.

Metal Handbook. Cleveland: American Society for Metals, 1948.

Metal Progress. Cleveland : American Society for Metals, 1950.

Metal Quality. Cleveland: Drop Forging Assn., 1949.

Naujoks, W., and Fabel, D. C. Forging Handbook. American Society for Metals, 1939.

Pearson, C. E. The Extrusion of Metals. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1944.

Rolled and Forged Circular Products. Bethlehem, Pa.: Bethlehem Steel Co., 1946.

Rusinoff, S. E. Manufacturing Processes — Materials. Chicago: American Technical Society, 1949.

Rusinoff, S. E. Manufacturing Processes—Production: Chicago: American Technical Society, 1949.

Shot Peening. Mishawaka, Ind. : American Wheelabrator & Equipment Corp., 1947.

Teichert, E. J. The Manufacture and Fabrication of Steel, Vol. II. 1944.

Tool Engineering Handbook. New York: McGraw - Hill Book Co., 1949.

Tool-Steel Simplified. Reading, Pa.: The Carpenter Steel Co.,1948.

Tool - Steel Treaters' Guide. Bethlehem, Pa. : Bethlehem Steel Co., 1942.

Welding Handbook. American Welding Society, 1942.

The Working of Metals. Cleveland: American Society for Metals, 1937.

المقالات

«British Report on Drop Forging,» Journal of Metals (Nov., 1950), p. 1311 C.

" Design of Forgings - Reference Data," American Machinist (Aug. 21, 1950), p. 139.

Favre, A. E., and Drazeur, A. J. « Aluminum Die Forging Design for Quality and Economical Production, » Production Engineering (Aug. 1950), pp. 140—144.

«How Cleveland Pneumatic Heat-Treats Landing Gear Forgings,» Steel (Aug. 14, 1950), p. 102.

Maltz, J. and De Pierre, V. « Hot Forging of Commercial Titanium, » Metal Progress (Aug., 1950) pp. 189—191.

«Roll-Edging Forging Blanks Saves Steel,» Steel (Oct. 30, 1950), p. 61.

Sloan, J. J., and Denny, K. R. «Designing Low-Cost-Forgings, » Machine Design (Sept. 1950), pp. 154 — 156.

Sloan, J. J., and Denny, K. R. « Determining Practical Forging Cost, » Machine Design (Sept., 1950) pp. 151, 152

Spencer, L. F. « Forging Economies Through Die Design, » Iron Age. Part I (Sept. 7, 1950), pp. 99—103; Part 11 (Sept. 14, 1950), pp. 89—91.

Sutton, J. Bartlet, Gee, Edwin A., and De Long, William B. «Casting and Forging of Titanium,» Metal Progress (Oct., 1950), p. 716.

الكتالوجات

A. Finkl & Sons Co., Chicago. Ill.
The Ajax Manufacturing Co., Cleveland, Ohio.
Atlas Drop Forge Co., Lansing, Mich.
Bethlehem Steel Co., Bethlehem, Pa.
The Billings & Spencer Co., Hartford, Conn.
Carnegie - Illinois Steel Corp., Pittsburgh Pa.
C. C. Bradley & Son, Inc., Syracuse, N. Y.
Chambersburg Engineering Co., Chambersburg, Pa.
Dominion Forge & Stamping Co., Ltd., Walkerville, Ont.
Erie Foundry Co., Erie, Pa.
Heppenstall Co., Pittsburgh, Pa.
Jones & Laughlin Corp., Pittsburgh, Pa.
Kropp Forge Co., Chicago, Ill.
The National Machinery Co., Tiffin, Ohio
The Steel Improvement & Forge Co., Cleveland, Ohio
Wyman - Gordon Co., Harvey, Ill.

مجموعة من المصطلحات الفنية المستعملة فى الحدادة

— A —

الصلب الشاذ : Abnormal steel

هو الصلب الذى لايكون غلافا منتظم الصلادة بعد تغليفة أو كرينته .

الصلب الحامضى : Acid steel

صلب من أى نوع تعرض لتفاعل حامضى فى أثناء صهره مع بطانة القاع مثلا أو خبث الفرن .

التزمين أو التعمير : Aging

التغير المفاجىء فى خواص المعدن الذى يحدث عند درجات الحرارة المنخفضة نسبياً بعد عملية المعاملة الحرارية النهائية أو بعد عملية التشغيل على البارد النهائية . ويتجه نحو التعمير إلى استعادة استقرار حقيقى فى المعدن وفى أبعاده من أى حالة غير مستقرة بسبب عملية سابقة .

صلب يتصلد فى الهواء : Air — hardening steel

صلب لايحتاج للسقية فى سائل بعد تسخينه إلى درجة حرارة عالية لغرض تصليده وتقسيته ، بل يتصلد بتبريده فى الهواء من درجة حرارة أعلى من حد النطاق الحرج .

السبكة : Alloy

مادة فلزية (معدنية) تتركب من عنصرين أو أكثر يتذاوب بعضها فى بعض تذاوبا تاما أو غير تام وهى فى حالة السيولة .

الصلب السبائكى : Alloy steel

صلب يحوى علاوة على الحديد والكربون والمنجنيز ، وهى العناصر العادية ، وعلى عنصر أو أكبر ، بكمية تكفى لتوليد خواص إضافية مرغوب فيها ولا تعتبر

كميات العناصر الصغيرة والشوائب مثل الكبريت والسليكون والفوسفور والألمنيوم الموجودة عادة فى أى نوع من أنواع الصلب من عناصر السبيكة . وإذا أضيف المنجنيز بكمية مناسبة إلى الصلب يعتبر الصلب (صلب سبائكى) .

التخمير : Annealing

تسخين الصلب إلى درجة حرارة أعلى من نطاقه الحرج ثم ابقاؤه عند هذه الدرجة لمدة تكفى لتسخينه كله ، ثم تبريده بعد ذلك . ويمكن تبريد الصلب ببطء فى الأفران أو بدفنه فى رماد جاف أو جير ، فتزيل هذه العملية الإجهادات الناتجة من التشغيل ويصبح الصلب لينا بعد التخمير .

السندان : Anvil

كتلة الحديد أو الصلب التى يوضع عليها المعدن لطرقه عند التشغيل بالحدادة .

غطاء أد السندان : Anvil capor sow Plock

كتلة من الصلب المصلد (المقسى) توضع بين السندال وقالب الحدادة لتقليل التآكل على السندال .

الصلب الأوستينيتى : Austenitic steel

صلب يحتوى عل عناصر سبائكية تولد فيه بنية بللورية أو أوستينيتية تجعله غير مغناطيسى عند درجة الحرارة العادية .

العمليات الإضافية : Auxiliary operaiond

عمليات إضافيه تجرى على المطروقات لتشكيلها وتكوين سطوح لها وتولد خواص فيها ، لايحصل عليها فى عمليات الحدادة العادية .

— *B* —

الصلب القاعدى : Basis steel

صلب يصنع بأى وسيلة صهر فى أفران لها بطانه قاعدية أو يكون الخبث المتولد عن صهره تفاعلة قاعدى .

الثناية : Bender

موضع فى القالب يشكل فيه المعدن بحيث يكون محور التشكيل الطولى فى مسترين أو أكثر .

صلب « بسمر » : Bessemer steel

صلب مصنوع بطريقة « بسمر » وذلك بضغط الهواء وإمراره خلال حديد خام منصهر فى إناء مناسب .

شبق أو كتله معدنية : Billet

شبق معدنية نصف مشطبة بالدرفلة على الساخن لها مقطع مستطيل تتراوح مساحته فيما بين (٤ ، ٣٦ بوصة مربعة) بشرط أن يكون العرض أكبر من ضعف السمك . وإذا زادت مساحة المقطع عن ٣٦ بوصة مربعة تسمى كتلة كبيرة ، وإن لم يتفق الرأى على هذه التسمية وإذا قلت مساحة المقطع عن ٤ بوصات مربعة تسمى عادة قضبان أو أسياخ .

التنظيف بالرش : Blast Cleaning

عملية إزالة طبقة الأكسيد المتكونة على المطروقات برش حبيبات أو كرات معدنية صغيرة صلدة على سطحها بسرعة عظيمة لتنظيفها .

الضبط : Blocking

عملية حدادة لضبط الشكل العام للمطروق قبل تحديد شكله النهائى الدقيق .

فراغ الضبط : Blocking impression

الفراغ الذى يضبط الشكل العام للمطروق .

كتلة كبيرة : Bloom

شبق نصف مشطب بالدرفلة على الساخن له مقطع يساوى ٣٦ بوصة مربعة أو أكبر .

مكنة درفلة الكتل الكبيرة : Blooming mill

مكنة درفلة الدرفلة الشبقات المعدنية وتحويلها إلى كتل كبيرة أو كتل مستطيلة أو قضبان وأسياخ (ومسطحات) وخوص .

الطرقة : Blow

الطرقة المفاجئة أو الصدمة أو أى ضغط آخر تحدثه الأجزاء المتحركة فى أى وحدة من وحدات الحدادة .

بخبخة (فجوات داخلية) : Blow holes

فجوة تحدث فى أثناء تجمد المعدن بسبب انحباس الغاز فى المعدن أثناء تجلده ويبقى فى هيئة فجوات أو جيوب صغيرة .

مطرقة متساقطة باللوح : Board drop hammer

مطرقة متساقطة تعمل بالجاذبية الأرضية أجزاؤها المتحركة مثبتة فى لوح .

صلب القيزانات (الغلايات) (المراجل) : Boiler steel

إصطلاح لايستعمل الآن إلا نادراً يقصد منه أنواع الصلب منخفض الكربون . يجب ألا تستعمل هذه التسمية لوصف أنواع الصلب المستخدمة فى الحدادة لوجود تعريفات أدق .

سرة : Boss

بروز على سطح المطروق يكون غالبا إسطوانى الشكل .

تخمير فى الصناديق : Box annealing

عملية تخمير الصلب فى صندوق محكم الغلق لحماية السطح من الأكسدة .

الصلادة البرنيللية : Brinell hardness

مقدار صلادة المعدن مقدرة بأرقام قياسية تنتج من حاصل قسمة الحمل المؤثر على كرة من الصلب توضع على السطح المراد قياس صلادته ومساحة أثر الكرة على السطح .

الصلب المحروق : Burnt steel

صلب سخن حتى اقترب من درجة حرارة الانصهار فحدث فى بنيته تلف دائم ولا يمكن معه استعادته لأصله لإجراء المعاملات الحرارية عليه .

— C —

الصلب الكربونى : Carbon steel

صلب تعتمد خواصه الفيزيائية والميكانيكية أساساً على نسبة وجود الكربون فيه .

الكربينة : Carburizatini

إضافة الكربون إلى الصلب منخفض الكربون بتسخينه إلى درجة أعلى من النطاق الحرج ملامساً مادة كربونية . وتزيد نسبة الكربون فى السطح الخارجى وعند إجراء عمليات المعاملة الحرارية يصبح السطح الخارجى أصلد من الجزء الداخلى .

التغليف : Case — hardening

عملية من عمليات المعاملات الحرارية أو مجموعة من عمليات يصلد بإجرائها سطح سبيكة أساسها الحديد إلى درجة أكبر بكثير من الجزء الداخلى وذلك بتغيير مكوناته . والوسائل المتبعة فى ذلك هى الكربنة والسبندة والمتردة .

الشرخ : Sheck

شرخ فى فراخ القالب ينشىء عادة عند الأركان يرجع سببها إلى تركز إجهادات الحدادة عند رأس زوايا الأركان والحواف .

تنظيف : Clean

عملية إزالة طبقة الأكسيد أو القشور عن سطح المطروقات .

تكتيل : Cogging

عملية تشكيل الشبقات إلى كتل مستطيلة بوساطة مطرقة أو مكبس مكنة درفلة .

السك : Coining

عملية توجيه ضغط عال فى مكبس سك على السطح لتشكيله بدقة بتفاوت صغير فى أبعاده وبأسطح ناعمة ملساء . ويستحسن استعمال اصطلاح تحديد الشكل بدلا من اصطلاح (السك) .

قوالب السك : Coining dies

القوالب المستعملة فى إجراء عمليات السك أو تحديد الشكل .

تلاحم داخلى بارد : Cold shut

١ — جزء من سطح قطعة من المعدن غير متماسم مع الكتلة الرئيسية ويحدث هذا عادة عند درفلة أو تشكيل جزء معدنى بالحدادة منفصل أو غير تام الانفصال فى المعدن الأصلى كالذى ينتشر على أسطح الشبقات أو النتوءات الميكانيكية .

٢ — تجمد السطح العلوى للضبق قبل امتلاء القوالب بسبب عدم استمرار عملية صب المعدن بانتظام .

٣ — أجزاء أو زعانف تتولد من انحصار جزء من المعدن بين قوالب التشكيل أو الدرافيل عند درفلة أو تشكيل الكتل المستطيلة أو الأعمدة فإذا أديرت القطعة لتربيعها فى عملية الدرفلة أو التشكيل الثانية تنطوى هذه الزعانف . وتضغط الزعانف فى سطوح المطروقات وتلحم عليها فلا يسهل رؤيتها بالعين المجردة ولا تكتشف إلا بالفحص المغنطيسى وإذا تركت فى المطروق تسبب ضعف مقاومته فى مواضع هذا التلاحم .

التشغيل على البارد : Cold working

تغير لدين (عجين) دائم فى المعدن عند درجة حرارة أقل من درجة الحرارة التى تستعيد فيه بلورته وعند درجة حرارة منخفضة إلى درجة تتولد عندها صلادة اجهاد .

الوزن المستهلك : Consumed-weight

وزن الخام المستعمل مقسما على عدد المطروقات التى قبلها الشارى ويدخل فى حساب وزن المعدن كل النفايات والبقايا والمواد والقطع المرفوضة لأى سبب من الأسباب .

درجة الحرارة الحرجة : Critical temperature

درجة الحرارة التى يحدث عندها تغير « اللوتروبى » (تغير فى البنية) فى المعدن .

الأحدة القاطعة : Cutoffs

زوج من الأحدة القاطعة إما مغرزة فى ركنين من أركان جزئى قالب الحدادة أو مثبتة داخل القوالب تستعمل فى فصل المطروقات من قضيب الخامة بعد طرقه وتهذيب الأطراف .

الوزن المقطوع : Cut weight

وزن الخام اللازم الذى يدخل المكنة لإنتاج مطروق واحد ويساوى الوزن الخالص مضافا إليه وزن الزعانف والزوائد الأخرى والقشور المتولدة والمزالة .

— *D* —

القالب : Die

كتلة من الصلب مشغلة بها فراغات لتشكيل المطروقات . ويصنع القالب عادة من جزئين كل جزء يكمل الآخر وفى كل من جزئى القالب فراغات مشكلة .

مطروقات القوالب : Die forgings

مطروقات تشكل فى القوالب ومنها المطروقات المتساقطة والمطروقات المكبوسة

تحرك القالب : Die shift

تحرك جزئى القالب واحد بالنسبة للآخر عن موضع تطابقهما الصحيح .

الاستدقاق (السلبية) : Draft

ميل جوانب القوالب الجانبية لتيسير سحب المطروقات من القوالب ويسمى الميل فى معدن المطروق الناضىء من ميل جوانب القوالب أيضاً بهذا الاسم .

زاوية الاستدقاق (السلبية) : Draft angle

تقدر زاوية الاستدقاق بالدرجات .

المراجعة : Drawing

إعادة تسخين القطعة بعد تسقيتها وتصليدها بالتسخين والسقية إلى درجة حرارة أقل من الحد الأدنى للنطاق الحرج .

مطروق متساقط : Drop forging

مطروق شكل بالمطرقة متساقطة .

— *E* —

موزع : Edger

جزء معين من القالب يوزع المعدن ويعطى شكل المطروق العام .

الاستطالة : Elongation

الزيادة الدائمة فى طول قمة الاختبار قبل الانكسار مباشرة بقدر عادة بالنسبة المئوية بنسبة إلى الطول الأصلى .

حد التحمل : Endurance limit

أقصى إجهاد يتحمل المعدن دوه عدد لانهائى من دورات الاجهاد دون أن ينكسر . ويحدث الكسر عند إجهادات أعلى من هذا الحد الأقصى نتيجة لتولد الشقوق وامتدادة المتشرخات .

— *F* —

كلال المعدن : Fatigue

انكسار المعدن بسبب شرخ يزاد تحت تأثير تكرار الإجهادات .

حد الكلال : Fatigue limit

يستعمل هذا الاصطلاح عادة مرادفا لحد التحمل .

التليف : Fider

خاصية من خواص المعادن المشكل بإنسياب المعجن اللدن بما فى ذلك المطروقات فيصبح لها شكل مليف خشبى عند الكسر دلالة على وجود خواص اتجاهية . ويتولد التليف فى البنية من امتداد مكونات المعدن فى اتجاه التشغيل .

الدوران : Fillet

نصف القطر الداخلى عند تقابل الأسطح . مثل أنصاف دورانات أقطار أركان فراغات قوالب الحدادة .

الزعانف : Finsor Flash

المعدن الزائد عما يلزم لملء الفراغات المضبوطة فى جزئى القالب بعد انطباقها فيخرج على شكل رقائق أو زعانف رفيعة عند حد الفصل بين جزئى القالب .

الحصيلة النهائية : Final Yield

حاصل قسمة وزن المنتج النهائى الصافى على الوزن الخام المستعمل .

مخرج الزعانف : Flfash pan

جزء من القالب يشغل بالمكنات يسمح بانبثاق كمية المعدن الزائد من فراغات القالب .

مطروقات : Forging

منتجات تشغيل المعدن اللدن (العجن) بتشكيله إلى الشكل المطلوب بالضغط وتشكل المطروقات فى قوالب فى مطارق متساقطة أو مكنات الحدادة أو مكابس الحدادة . وتوالى المطارق المتساقطة طرقاتها بالتوالى . أما مكنات الحدادة ومكابس الحدادة فيضغط ضغطاً عاصراً . وبينما يمكن حدادة بعض المعادن ومنها الصلب

على البارد فإن معظم المعادن التى تشغل بعمليات الحدادة فتسخن قبل التشكيل لتصير لدنية عجينة قبل التشكيل .

صلب معدل للحدادة : Forging quality steel

صلب أجريت عليه عمليات خاصة لإزالة عيوب فى المطروقات .

انفعال الحدادة : Forging Strain

إجهاد داخلى أو انفعال ينشأ فى المعدن نتيجة لعمليات الحدادة . ويمكن إزالته بعمليات التجمد أو الاستعدال .

اختبار المكسرة : Fracture test

اختبار قطعة من المعدن بكسرها للكشف عن عيوبها الداخلية للتعرف على بنية المعدن بفحص سطح المكسر .

بلص ملفوف : Fuller

جزء القالب المستخدم فى تقليل مقطع الخامة .

— G —

تجميع الخامة : Gathering stock

أى عملية تستخدم فى زيادة مقطع الخامة عن المقطع الأصلى .

حبيبية : Grain

بللورات المعدن التى تكون بنيته .

الانسياب الحبيبى : Grain Flow

اتجاه خطوط الانسياب فى المطروق .

الحجم الحبيبى : Grain size

حجم بللورات المعدن عند قياسها بطريقة قياسية .

الوزن الاجمالى : Gross weight

وزن المعدن اللازم لإنتاج مطروق واحد ويمكن أن يعنى الوزن المقطوع أو الوزن المستهلك .

المجرى : Gutter

جزء من القالب يشغل بالمكنات لاستقبال المعدن الزائد الذى ينبثق من مخرج الزعانف .

— H —

ثقوب المقابض: Handling hooks

ثقوب تثقب فى سطحين متقابلين فى كتل القوالب ليمكن رفعها ونقلها باستخدام مرافع (ونش) .

التصليد (التقسية) : Hardening

وسيلة لزيادة صلادة المعدن بالتحكم فى التسخين والتبريد .

الصلادة : Hardness

مقاومة المعدن للتغير فى الشكل تحت تأثير قوة ميكانيكية ويدل هذا المصطلح على رم الصلادة الذى تقاس الصلادة به عن طريق اختبارات الصلادة المختلفة .

التسخينة أو الدفعة : Heat

كمية الخامات التى توضع فى فرن الحدادة دفعة واحدة لتسخينها فى وقت واحد . وكذلك درجة حرارة المعدن أو عملية زيادة درجة حرارة المعدن لأداء عمليات المعاملات الحرارية .

صهرة الصلب : Heat of steel

كمية الصلب المصنوع فى صهرة واحدة .

المعاملة الحرارية : Heat treatment

أى عملية أو عمليات تسخين للمعدن وتبريده لاظهار خواص معينة .

مطرقة برافعة : Helve hammer

مطرقة ميكانيكية تدار بتحريك ذراع تستخدم فى أداء الأعمال الخفيفة وصناعة الآلات والعمليات الاضافية .

التشغيل على الساخن : Hot working

تشغيل المعدن ميكانيكيا عند درجة حرارة أعلى من درجة الحرارة التى يستفيد منها بتلوره .

صلب التشغيل على الساخن : Hot working steel

صنع خصيصاً لاستعماله فى القوالب والآلات التى تشغل المعدن على الساخن .

السرة (البروز) : Hub

بروز فى وسط المطروق يكون جزء من بدنه .

— *I* —

فراغات التشكيل : Impression

الجزء المحفور فى القوالب بالمكنات لتشكيل القطعة المطروقة .

الشوائب المدفنة : Inclusion

شوائب فى المعدن على شكل خليط مثل الاكسيدات والكبريتات والسيليكات مدفنة داخل معدن .

الشبق : Ingot

مصبوب من الصلب بعد لعمليات الدرفلة أو الحدادة .

لقمة : Insert

جزء من الصلب من أجزاء قالب التشكيل منفصل عنه ويمكن إخراجه من القالب ويستخدم لملء فراغ أو لاستبدال جزء من القالب بقطعة مماثلة من نوع نوع أنسب من الصلب فى موضع معين من مواضع تشكيل فراغات القالب .

قالب ملحق : Insert die

قالب صغير به الفراغ اللازم للمطروق ويثبت فى قالب رئيسى .

التفتيش : Inspection

عملية لفحص المطروقات للكشف عن عيوبها أو عن صحة مطابقتها للمواصفات القياسية والفحص الكيموى هو تعيين التحليل الكيموى للمعدن ، وفحص الخواص الفيزيائية هو تعيين مقاومة المعدن لتغيير فى الشكل تحت تأثير القوى بأشكالها المختلفة . واختيار الصلادة هو تعيين درجة صلادة المعدن بالنسبة لصلادة قاسية بإحدى طرق الاختبار المختلفة . والفحص على البارد . هو فحص المطروقات بالعين المجردة للكشف عن العيوب الظاهرة فى الأبعاد والوزن وجودة السطح . والفحص على الساخن هو فحص المطروقات بالنظر للكشف عن الأخطاء عندما تكون المطروقات ساخنة .

التسوية : Iron

عملية ضغط تستعمل للحصول على اتخاذ واستقامة مضبوطة لإجراء المطروقات المختلفة أو لتحسين حالة السطح .

الانطراءات : Lap

عيب من عيوب السطح فى المطروقات سببه إنثناء المعدن فى طبقات رقيقة على السطح .

توقيع خطوط التشغيل (الشنكار) : Layout

نقل أبعاد الرسم إلى نماذج النسخ أو القوالب لحفر فراغاتها . أو لفحص المطروق أو النموذج المصبوب من الرصاص للتأكد من أبعاده تطابق المواصفات .

النموذج المصبوب من الرصاص : Leab Cast

قطعة مطابقة لفراغات القالب تصنع من الرصاص أو من سبيكة من سبائك

الرصاص يضم جزئى القالب واحداً على الآخر وصب المعدن المنصهر فى فراغاته وتصب عادة فى قوالب التشطيب النهائية .

الانحراف : Lock

تغيير أو انحراف فى تطابق مستويات الأسطح المتقابلة فى القوالب . والانحراف المركب هو ما فيه أكثر من انحراف واحد فى الأسطح المتقابلة . ومانع الانحراف هو الترتيب الذى تجهز به فى القالب لمنع انحراف جزئية عن الآخر .

— M —

التشغيلية بالمكنات : Mechinability

جودة وسهولة تشغيل المعدن على المكنات بالمقارنة بمعدن قياس معين .

الحدادة بالمكنات : Machine Forging

عملية الحدادة باستخدام مكنات الحدادة ويكون عاليا بإدخال المعدن فى فراغات القالب بضغط كباس متحرك تضغط المعدن ويظل القالب فى مكانه أثناء عملية الضغط .

البنية كما ترى بالعين المجردة : Macrostructure

إظهار بنية أو حالة المعادن الداخلية بتشغيل سطح عينة بالمكنات ومعالجته بالحامض لإظهارها ثم فحصها بالعين المجردة أو تحت عدسة تكبير تكبيرها محدود .

المجنافلكسى (خطوط المجال المغناطيسى) : Magnafluxing

وسيلة لفحص مطروقات الصلب دون كسره ويستخدم لأداء هذا الفحص معدات خاصة لكشف عن العيوب التى تقع تحت السطح وتعيين مواضعها عن طريق المجال المغناطيسى .

سطحا المقياس ومرابطه : Matched edges

السطحان المتعامدان المشغلان بالمكنات عند مستوى الفصل فى القوالب ومنهما تربط قياسات جميع الأبعاد .

خطا القياس ومرابطة : Match Lines

خطان متعامدان على السطحين المتعامدين فى كتلة قالب الحدادة ومنهما نقاس وتربط جميع الأبعاد .

الخواص الميكانيكية : Mechanical Properties

مقاومة المعادن والمواد الأخرى لفعل قوة مؤثرة مثل قوة الشد وغيرها وتقدير مدى التحمل وما يشابهه .

التشغيل الميكانيكى : Mechanical working

تعريض المعدن لضغط الدرافيل أو المطارق أو المكابس لتغيير شكله أو خواصه الفيزيائية .

البنية المهجرية (الميكروسكوبية) : Microstructure

السطح ومعالجته بالحامض لإظهار تراكيب البنية ثم فحصه تحت ميكرسكوب أو مكبر درجة تكبير عالية .

الانحراف : Mismatch

عدم تطابق جزأى قالب الحدادة وانحراف أحدهما عن الآخر

معامل المرونة : Modulus of elasticity

النسبة بين الإجهاد والانفعال فى نطاق حد المرونة .

وزن القضيب الإجمالى : Multiple bar weight

وزن الخامة المقطوعة مضافا إليه الوزن المضيع فى القطع بالمنشار أو باللهب . وربما تضاف الزوائد الصغيرة المقطوعة من أطراف القضبان أو الإضافى إلى هذا الوزن .

— N —

الوزن الصافى : Net Weight

متوسط وزن المطروقات المشكلة فى قالب واحد . ويساوى وزن المعدن

الذى يملأ فراغات القالب مضافا إليه مقدار التآكل فى القالب ومقادير تفاوت الحجم .

الاستعدال : Normalizing

تسخين الصلب إلى درجة ١٠٠° ف تقريباً فوق النطاق الحرج ثم إبقاءه عند هذه الدرجة مدة معينة ثم تبريده إلى ما دون هذا النطاق فى الهواء الساكن فى درجة الحرارة العادية .

— O —

صلب الفرن المفتوح : Open—hearth steel

صلب مصنوع فى الفرن المفتوح حيث يصهر الحديد الزهر والصلب الخردة أو الحديد الخام بنسب معينة ومعه عامل تصهير مساعد مناسب .

التسخين الزائد : Over heating

تسخين الصلب إلى درجات حرارة عالية حتى تكبر حجم الحبيبات وتتأثر بذلك خواص المعدن .

— P —

التطبيق : Pad

عملية ضغط للحصول على انطباق محاور أجـــزاء مختلفة فى المطروقات أو لتحسين حالة السطح .

حفظ الفصل : Parting pline

تقاطع مستوى الفصل وفراغات القالب وخط الزعانف فى المطروق .

حد الفصـــل : Parting plane

المستوى الفاصل بين جزأى قالب الحدادة .

الخواص الفيزيائية : Physical properties

خواص مثل الوزن النوعى وقابلية التوصيل للكهربا ومعامل التمدد بالحرارة .

النقع فى الحواض (التغطيس بها) : Pickling

معاملة كيموية لإزالة القشور عن سطح المعدن .

تسوية وصقل الأطراف : Planish

درفلة المطروق أو جزء منه فى زوج من القوالب لإزالة خط تهذيب الأطراف أو للحصول على مقادير تفاوت دقيقة وهى عادة عملية ضغط أو طرق على البارد أو عند درجة حرارة منخفضة فى بعض الحالات .

مجموعة المطروق : Platter

الوزن الكامل للخامة تحت المطرقة بما فيه وزن الزعانف ونهاية الخامة وموضع قبض اللقط لكل المطروقات المشغلة فى وقت واحد .

مطروق بالضغط : Press forging

مطروق صنع فى مكبس ميكانيكى أوهيدرولى .

النموذج (البروفة) : Proof

نسخة مطابقة لشكل فراغات القالب ، يصنع عادة بصب رصاص منصهر فى فراغات قالب التشطيب بعد ضم جزئى القالب واحد على الآخر .

التخريم : Punch

عملية تفريغ للثقوب فى مطروق استعداداً لثقبه .

— *R* —

رأس الطرق : Ram

الجزء المتحرك أو الساقط فى المطرقة أو المكبس الذى يثبت فيه أحد جزئى القالب . ويطلق أيضاً على القالب العلوى المسطح فى المطرقة البخارية .

القصافة الساخنة : Red shortness

قصافة المعدن عند درجة حرارة الاحمرار .

جو مختزل : Reducing atmosphere

حالة الاحتراق فى الفرن عندما يقل الأكسوجين وتنعدم زيادته عن المطلوب للاحتراق الكامل .

النقص فى مساحة المقطع : Reduction of area

الفرق بين مساحة مقطع قطعة الاختبار قبل إجراء تجربة الشد ومساحة أصغر مقطع عند المكسر .

إعادة الطرق : Restriking

ضرب المطروق الذى هذبت أطرافه بطرقة إضافية فى القوالب لتطبيق محاور أجزائه المختلفة .

طرق الضغط بعد المراجعة : Restriking o, fraw

إعادة طرق المطروق الذى هذبت أطرافه عند درجة حرارة المراجعة أثناء المعاملة الحرارية للحصول على تطابق دقيق .

صلادة « روكيل » : Rockwell hardness

وسيلة لقياس الصلادة النسبية على جهاز « روكويل » للصلادة ويعبر عن مقدار الاحتراق الناشىء بين تأثير حمل على طرف مدبب يوضع على السطح المراد معرفة صلادته ويدل على صلادة المعدن ويقرأ رقم الصلادة على مبين بعقرب على قرص مدرج .

اللف : Roller

عملية تحضيرية فى قالب من قوالب الحرارة المتساقطة مصمم لتشكيل عمود الحدادة الخام إلى أشكال مختلفة بحيث يوزع المعدن بطريقة منتظمة لاتمام الحدادة فى قوالب الحدادة المتساقطة .

محدد الأطرف : Rolling edger

موقف ودرفيل معا يستخدمان لتوزيع المعدن استعداداً لموالاةعملية الحدادة فى قوالب الحدادة المتساقطة .

معدن مخزن : Rubtured

قطعة من خام الحدادة شغلت أو طرقت بشدة تسببت فى تشققات فى تليفات بنية المعدن . ويكون هذا خاصة فى الأجزاء الرقيقة .

— S —

الرش بالرمل : Sandblast

استخدام تيار هوائى مضغوط ورمل لتنظيف المطروقات فيتصادم الرمل بسرعة عالية مع السطح المراد تنظيفه .

القشور : Scales

طبقة الأكسيد المتكونة على المعدن الساخن بالتفاعل الكيموى بين سطح المعدن واكسجين الهواء .

نقرة القشرة : Scale pit

منخفض على سطح المطروق يتكون نتيجة للقشور التى على القوالب أثناء عمليات الحدادة .

موضع التشغيل فى الخامة : Scarf

منطقة فى قطعة المعدن مشكلة معدة للحدادة .

اختبار « سليروسكوب » للصلادة : Sclerscope hardness test

اختبار صلادة المعادن بقياس مقدار ارتداد ثقب له نهاية من الماس عند اسقاطه من ارتفاع معين على السطح المراد قياس صلادته .

خط تلاحم منفصل : Seam

شد فى سطح المطروق . ويسمى شد أوشق شعرى إذا كان رقيقاً جدا .

الساق : Shank

ماسك لتثبيت آلة القطع أثناء الاستعمال .

وزن الشكل : Shape weight

وزن المادة الذى يملأ الحجم الهندسى بالأبعاد الموصوفة .

المرتكز : Shoe

ناسك يستخدم كمرتكز للجزء الثابت من قوالب تهذيب الأطراف أو الحدادة .

رش الكريات : Shotblact

تنظيف المطروقات ورشها بكريات صلدة من الصلب فيتصادم مع السطح وتزيل قشوره وذلك باطلاقها على أسطح المطروقات بالقوة المركزية الطاردة .

الانكماش : Shrinkage

انكماش المعدن نتيجة للتبريدة .

حفر الفراغات : Sink

عملية حفر فراغات قوالب التشكيل باستعمال مكنات التشغيل وهى عملية فنية عالية التخصص .

ضبط : Size

عملية تجرى باستخدام المكبس للحصول على تفاوت أدق فى أجزاء المطروق .

مسطح شبق معدنى : Slap

نصف سطح بالدرفلة حتى صار عرضه أقل من ١٠ بوصات ولا تقل مساحة مقطعه عن ١٦ بوصة مربعة .

نواة : Slug

أى قطعة صغيرة أو طابور أخرج من المعدن .

الحدادة البسيطه : Smith forging

اصطلاح عام يستعمل للحدادة اليدوية على السندال ، وكذلك الحدادة بالمطارق الميكانيكية وباستخدام قوالب مسطحة .

حرارة الاستنقاع : Soaking heat

ترك المعدن عند درجة حرارة معينة لمدة معينة بتسخين المعدن كله فى درجة حرارة منتظمة .

الصلب اللين : Soft steel

إصطلاح لا يستعمل الآن ويقصد به الصلب منخفض الكربون .

المدخل :

مكان فى القالب يشغل بالمكنات يوصل فراغات القالب أو توصيل فيما أو بين فراغات خاصة الحدادة .

مطرقة لحام الأطراف : Seam hammer

مطرقة ميكانيكية تستعمل فى صناعة مطروقات القوالب المسطحة .

خامة : Stock

قطعة من المعدن مقطوعة ومعدة لتشغيل عدد معين من المطروقات .

توظيب : Straighten

تنقيص فى مقدار عدم انطباق محاور أجزاء المطروق .

بنية : Structure

تشكيلات التراكيب الداخلية فى المعدن أثناء المراحل المختلفة فى المعدن أو السبيكة .

دقدقة السطوح : Surfacepeening

كريات صلدة على المطروقات لإطالة عمر الكلال فى المطروقات .

لف الخامة : Swage

عملية إنقاص أو تغيير مساحة مقطع أو قطر المعدن بتدوير الخامة تحت طرقات سريعة .

— *T* —

المراجعة : Tempering

إعادة التسخين بعد التصليد والتقسية لدرجة حرارة أدنى من النطاق الحرج ثم التبريد بأى سرعة مناسبة .

نموذج نسخ : Template

محدد قياس أو قطعة من ألواح المعادن محددة بالرسم تستعمل فى نقل أو فحص أبعاد المطروقات أو القوالب .

خواص مقاومة الشد : Tensile properties

الخواص التى تقدر عن طريق اختبار الشد على عينة مثل مقاومة الشد والاستطالة والنقص فى مساحة المقطع ونقطة الخضوع .

مقاومة الشد : Tensile Strength

إجهادالشد، وهوأقصى حمل يسجل أثناء تجربةالشد مقسوما على مساحة المقطع .

التفاوت : Tolerance

الانحراف المسموح به عن المواصفات .

مقبض اللقط : Tonghold

المكان الذى يمسك منه العامل قطعة الخام باستعمال اللقط أثناء عملية الحدادة .

اللقط : Tongs

قابض معدنى لتناول الأجزاء المعدنية على الساخن أو على البارد .

تهذيب الأطراف : Trim

إزالة الزعانف أو المعدن الزائد من المطروقات .

مرتكز تهذيب الأطراف : Trimmer

الماسك التى يرتكز عليه المهذب .

التنظيف فى البراميل الدوارة : Tumbling

عملية إزالة القشور من المطروقات بهزها ورجها بعضها مع بعض مع قطع صغيرة ونشارة الخشب ومواد حاكة فى اسطوانة برميل دوارة .

نموذج ضبط القوالب : Type

كتلة مصلدة مشغلة بالمكنات نموذجا لجزء من المطروق المطلوب تضغط فى فراغات القالب لتحديد شكله تحديداً دقيقا .

— U —

رفــرفة : Undercut

أجزاء تنحشر فى فراغات فى القالب ويمتنع عن الخروج منه دون اعوجاج أو نشر إذا أدخلت فيه والمعدن ساخن .

نقص الامتلاء : Underfill

جزء من المطروق لا يتخذ شكله الحقيقى بسبب نقص المعدن وعدم كفايته لملء الفراغات .

مطروقات الكبس : Upset forging

مطروقات تصنع بوضع المعدن فى القالب بحيث يكون اتجاه بنيته الليفة فى اتجاه عمودى لسطح القالب .

كبس تنقيص الطول : Ubsetting

عملية تشغيل المعدن بإنقاص طوله فيزداد تبعاً لذلك سمكه وعرضه .

— W —

اللحام : Weld

عملية وصل أجزاء معدنية باستخدام الحرارة .

— Y —

الحصيلة : Yield

حاصل قسمة الوزن الصافى أو وزن الشكل على الوزن الإجمالى .

نقطة الخضوع : Yield point

الإجهاد عند النقطة التى تحدث عندها استطالة واضحة دون زيادة مقابلة فى الحمل.

ملحق به بعض الجداول المفيدة

الكسور العشرية المساوية للكسور الاعتيادية للبوصة

الكسر	الكسر العشرى	الكسر	الكسر العشرى	الكسر	الكسر العشرى	الكسر	الكسر العشرى
١/٦٤	,٠١٥٦٢٥	١٧/٦٤	,٢٦٥٦٢٥	٣٣/٦٤	٥,٥١١٦٢٥	٤٩/٦٤	,٧٦٥٦٢٥
١/٣٢	,٠٣١٢٥	٩/٣٢	,٢٨١٢٥	١٧/٣٢	,٥٣١٢٥	٢٥/٣٢	,٧٨١٢٥
٣/٦٤	,٠٤٦٨٧٥	١٩/٦٤	,٢٩٦٨٧٥	٣٥/٦٤	,٥٤٦٨٧٥	٥١/٦٤	,٧٩٦٨٧٥
١/١٦	,٠٦٢٥	٥/١٦	,٣١٢٥	٩/١٦	,٥٦٢٥	١٣/١٦	,٨١٢٥
٥/٦٤	,٠٧٨١٢٥	٢١/٦٤	,٣٢٨١٢٥	٣٧/٦٤	,٥٧٨١٢٥	٥٣/٦٤	,٨٢٨١٢٥
٣/٣٢	,٠٩٣٧٥	١١/٣٢	,٣٤٣٧٥	١٩/٣٢	,٥٩٣٧٥	٢٧/٣٢	,٨٤٣٧٥
٧/٣٢	,١٠٩٣٧٥	٢٣/٦٤	,٣٥٩٣٧٥	٣٩/٦٤	,٦٠٩٣٧٥	٥٥/٦٤	,٨٥٩٣٧٥
١/٨	,١٢٥	٣/٨	,٣٧٥	٥/٨	,٦٢٥	٧/٨	,٨٧٥
٩/٦٤	,١٤٠٦٢٥	٢٥/٦٤	,٣٩٠٦٢٥	٤١/٦٤	,٦٤٠٦٢٥	٥٧/٦٤	,٨٩٠٦٢٥
٥/٣٢	,١٥٦٢٥	١٣/٣٢	,٤٠٦٢٥	٢١/٣٢	,٦٥٦٢٥	٢٩/٣٢	,٩٠٦٢٥
١١/٦٤	,١٧١٨٧٥	٢٧/٦٤	,٤٢١٨٧٥	٤٣/٦٤	,٦٧١٨٧٥	٥٩/٦٤	,٩٢١٨٧٥
٣/١٦	,١٨٧٥	٧/١٦	,٤٣٧٥	١١/١٦	,٦٨٧٥	١٥/١٦	,٩٣٧٥
١٣/١٦	,٢٠٣١٢٥	٢٠/٦٤	,٤٥٣١٢٥	٤٥/٦٤	,٧٠٣١٢٥	٦١/٦٤	,٩٥٣١٢٥
٧/٣٢	,٢١٨٧٥	١٥/٣٢	,٤٦٨٧٥	٢٣/٣٢	,٧١٨٧٥	٣١/٣٢	,٩٦٨٧٥
١٥/٦٤	,٢٣٤٣٧٥	٣١/٦٤	,٤٨٤٣٧٥	٤٧/٦٤	,٧٣٤٣٧٥	٦٣/٦٤	,٩٨٤٣٩٥
١/٤	,٢٥	١/٢	,٥٠	٣/٤	,٧٥		

أوزان القوالب وأوزان المطارق

متوسط أوزان القوالب المستعملة مع مطارق متساقطة باللوح ومطارق متساقطة بخارية مختلفة الأحجام .

مطارق باللوح		مطارق بخارية	
وزن المطرقة	وزن القالب	وزن المطرقة	وزن القالب
٦٠٠	٥٠	٨٠٠	٣٠٠
٨٠٠	١١٠	١٠٠٠	٤٠٠
١٠٠٠	١٧٠	١٢٠٠	٥٠٠
١٢٠٠	٢٣٠	١٥٠٠	٦٠٠
١٥٠٠	٣٢٠	٢٠٠٠	٧٥٠
١٦٠٠	٣٥٠	٢٥٠٠	٩٥٠
١٨٠٠	٤١٠	٣٠٠٠	١١٠٠
٢٠٠٠	٤٧٠	٣٥٠٠	١٣٠٠
٢٥٠٠	٦٣٠	٤٠٠٠	١٥٠٠
٣٠٠٠	٨٠٠	٥٠٠٠	١٩٠٠
٣٥٠٠	٩٦٠	٦٠٠٠	١٤٠٠
٤٠٠٠	١١٣٠	٨٠٠٠	٣٤٠٠
٥٠٠	١٣٣٠	١٠٠٠٠	٤٥٠٠
		١٢٠٠٠	٥٦٠٠
		١٦٠٠٠	٨٠٠٠

درجات حرارة الحدادة

لأنواع الصلب المختلفة

المرتبة	درجة الحرارة ف°	المرتبة	درجة الحرارة ف°
١٠١٥	٢٢٥٠	٤٦١٥	٢٠٥٠
١٠٤٠	٢٢٠٠	٤٦٤٠	٢٣٠٠
٢٣١٧	٢٣٠٠	٤٨٢٠	٢٣٠٠
٢٣٤٠	٢٢٠٠	٥١٢٠	٢٢٠٠
٢٥١٢	٢٣٠٠	٥١٤٠	٢٢٠٠
٣١١٥	٢٢٥٠	٦١٢٠	٢٢٥٠
٣١٤٠	٢٢٥٠	٦ ٥٠	٢٢٥٠
٣٢٤٠	٢٢٠٠	٨٦٢٠	٢٠٥٠
٣٣١٢	٢٢١٠	٨٦٤٠	٢٢٠٠
٤١٣٥	٢٢٠٠	٨٧٢٠	٢٢٠٠
٤٣٢٠	٢٣٠٠	٨٧٤٠	٢٢٠٠
٤٣٤٠	٢٣٠٠		٢٤٠٠

منحنى تسابك وانصهار الحديد والكربون :

لا يمثل منحنى تسابك وانصهار الحديد والكربون (منحنى التوازن) تجمد سبائك الحديد والكربون فحسب ، ولكنه يبين التغيرات التى تجد بعد التجمد والتبريد إلى درجة الحرارة العادية . ويساعد هذا المنحنى وأمثاله على حسن اختيار نطاقات درجات الحرارة التى يؤخذعندها المعدن المنصهر من الفرن، وكذلك نطاقات الحرارة التى تشغل فيها على الساخن وتجرى على السبائك فيها عمليات المعاملات الحرارية . وذلك لمختلف أنواع سبائك الحديد والكربون .

ويؤثر وجود أى عنصر من العناصر الأخرى فى السبيكة على مواضع درجات الحرارة الحرجة ، ولما كان الصلب يحتوى على عناصر غير الحديد والكربون ،

يلزم وضع تأثير خصائصها ومميزاتها وكمياتها الموجودة فى السبيكة موضع الاعتبار عند استعمال هذا المنحنى استعمالا صحيحاً .

ويمثل الجزء العلوى من المنحنى حالات تجمد سبائك الحديد والكربون . ويحدث تجمد المعدن إذا انخفضت درجة حرارته تحت الخط التخيلى الذى يسمى « خط التسيل » . ويتم التجمد عندما تنخفض درجة الحرارة عن الخط التخيلى المسمى « خط التجمد » . ويستمر انخفاض درجة حرارة المعدن وتأخذ مكونات بنيته فى التبلور ويتغير هذا التبلور فى المواضع التى يطلق عليها درجات الحرارة الحرجة وتظهر فى المنحنى عند $(أ)_١$ و $(أ)_٢$ و $(أ)_٣$ و $(أ)_٤$.

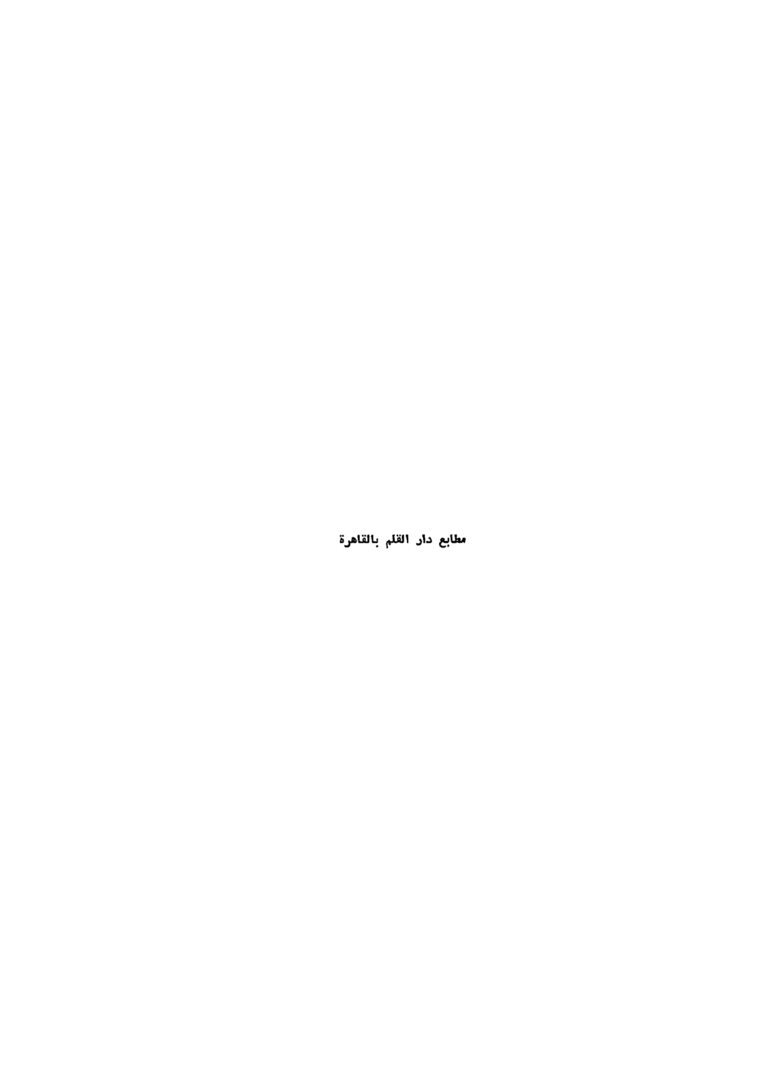
وينقسم هذا المنحنى عدة أقسام تعتمد على نسبة الكربون المئوية فى السبيكة . وهى ما فوق (الأصهرى) ويحتوى على ٤,٣٪ كربون أو أكثر وما تحت (الأصهرى) ويحتوى على أقل من (٣—٤٪) كربون وأكثر من (٢,٠٠٪) كربون وما فوق « الأصهرى الأصغر » ويحتوى على أقل من ٢,٠٠ ٪ كربون وأكثر من ٠,٨٠٪ كربون وما تحت « الأصهرى الأصغر » ويحتوى على أقل من ٠,٨٠ ٪ كربون . وتقع أغلب أنواع صلب الحدادة فى قسم ما تحت « الأصهرى الأصغر » .

ومن الممكن عن طريق منحنى تسابك وانصهار الحديد والكربون تحديد درجات الحرارة بنيات الصلب إذا عرفت نسبة الكربون فيه . وهكذا يصبح هذا المنحنى أداة عملية لتحديد درجات الحرارة الحرجة لأى مرتبة من مرتب الصلب الكربونى التى يحدث عندها أى وجـــه من أوجه اختلاف البنية بالمعاملات الحرارية .

زوايا الاستدقاق (السلبية)

العمق	١°	٢°	٣°	٥°	٧°	١٠	١٢	١٥
١/٣٢	,٠٠٠٥	,٠٠١١	,٠٠١٦	,٠٠٢٧	,٠٠٣٨	,٠٠٥٥	,٠٠٦٦	− ١/٦٤ ,٠٠٨
١/١٦	,٠٠١١	,٠٠٢٢	,٠٠٣٣	,٠٠٥٥	,٠٠٧٧	− ١/٦٤ ,٠١١	− ١/٦٤ ,٠١٣	+ ١/٦٤ ,٠١٧
٣/٣٢	.٠٠١٦	,٠٠٣٣	,٠٠٤٩	− ١/٦٤ ,٠٠٨	− ١/٦٤ ,٠١١٥	+ ١/٦٤ ,٠١٦٥	+ ١/٦٤ ,٠٢٠	− ١/٣٢ ,٠٢٥
١/٨	,٠٠٢٢	,٠٠٤٤	,٠٠٦٦	− ١/٦٤ ,٠١٠٩	− ١/٦٤ ,٠١٥	+ ١/٦٤ ,٠٢٢	− ١/٣٢ ,٠٢٧	+ ١/٣٢ ,٠٢٣
٣/١٦	,٠٠٣٣	,٠٠٦٥	,٠٠٩٨	+ ١/٦٤ ,٠١٦	+ ١/٦٤ ,٠٢٣	+ ١/٣٢ ,٠٢٣	− ٣/٦٤ ,٠٤٠	+ ٣/٦٤ ,٠٥٠
١/٤	,٠٠٤٤	,٠٠٨٧	,٠١٣	+ ١/٦٤ ,٠٢٢	− ١/٣٢ ,٠٣١	− ٣/٦٤ ,٠٤٤	+ ٣/٦٤ ,٠٥٣	+ ١/١٦ ,٠٦٧
٥/١٦	,٠٠٥٥	,٠١١	+ ١/٦٤ ,٠١٦	− ١/٣٢ ,٠٢٧	+ ١/٣٢ ,٠٣٨	− ١/١٦ ,٠٥٥	+ ١/١٦ ,٠٦٦	+ ٥/٦٤ ,٠٨٤
٣/٨	,٠٠٦٥	,٠١٣	+ ١/٦٤ ,٠٢٠	+ ١/٣٢ ,٠٣٣	− ٣/٦٤ ,٠٤٦	+ ١/١٦ ,٠٦٦	+ ٥/٦٤ ,٠٨٠	+ ٣/٣ ,١٠٠
٧/١٦	,٠٠٧٦	− ١/٦٤ ,٠١٥	+ ١/٦٤ ,٠٢٣	+ ١/٣٢ ,٠٣٨	+ ٣/٦٤ ,٠٥٤	− ٥/٦٤ ,٠٧٧	− ٣/٣٢ ,٠٩٣	− ١/٨ ,١١٧
١/٢	,٠٠٨٧	+ ١/٦٤ ,٠١٧	− ١/٣٢ ,٠٢٦	− ٣/٦٤ ,٠٤٤	− ١/١٦ ,٠٦١	− ٣/٣٢ ,٠٨٨	− ٧/٦٤ ,١٠٦	− ٩/٦٤ , ٣٤
٥/٨	,٠١١	+ ١/٦٤ ,٠٢٢	+ ١/٣٢ ,٠٣٣	+ ٣/٦٤ ,٠٥٥	− ٥/٦٤ ,٠٧٧	+ ٧/٦٤ ,١١٠	− ٩/٦٤ ,١٣٣	− ١١/٦٤ ,١٦٧
٣/٤	,٠١٣	− ١/٣٢ ,٠٢٦	− ٣/٦٤ ,٠٣٩	+ ١/١٦ ,٠٦٦	− ٣/٣٢ ,٠٩٢	+ ١/٨ ,١٣٢	+ ٥/٣٢ ,١٥٩	− ١٣/٦٤ ,٢٠١
٧/٨	− ١/٦٤ ,٠١٥	− ١/٣٢ ,٠٣١	− ٣/٦٤ ,٠٤٦	− ٥/٦٤ ,٠٧٧	− ٧/٦٤ ,١٠٧	− ٥/٣٢ ,١٥٤	− ٣/١٦ ,١٨٦	+ ١٥/٦٤ ,٢٣٤
١	+ ١/٦٤ ,٠١٧	+ ١/٣٢ ,٠٣٥	+ ٣/٦٤ ,٠٤٢	− ٣/٣٢ ,٠٨٧	− ١/٨ ,١٢٣	+ ١١/٦٤ ,١٧٦	− ٧/٣٢ ,٢١٣	+ ١٧/٦٤ ,٢٦٨
العمق	١°	٢°	٣°	٥°	٧°	١٠°	١٢°	١٥°

الفهـرس



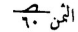
مطابع دار القلم بالقاهرة

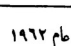
هذا الكتاب

أدى التقدم السريع فى الصناعة وإنتاج الآلات إلى التغاضى عن المؤلفات السالفة فى ذلك الميدان . فقد كان من أثر التقدم الفنى أن ازداد الإنتاج وإمكانياته بتكاليف قليلة ، كما اتسعت الفرصة أمام الصناع والعاملين فى ميدان الصناعة .

وهذا الكتاب يبحث فى أنواع الحدادة على اختلاف أشكالها ويقدم للباحثين والمتخصصين والصناع والعاملين فى ذلك الميدان خدمة جليلة هم فى أمس الحاجة إليها ، ويزودهم بالشرح والرسومات والصور المفصلة القيمة التى أعدت خصيصاً لتوفير الدقة والوضوح لهم .




الثمن ٦٠


عام ١٩٦٢



مطابع دار القلم بالقاهرة